

UNIVERSIDADE ESTADUAL JÚLIO DE MESQUITA FILHO
FACULDADE DE ENGENHARIA DE BAURU
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

FÁBIO JOSÉ ESGUÍCERO

***FRAMEWORK* APLICADO A MODELAGEM DE PROCESSOS**
NO GERENCIAMENTO MUNICIPAL
DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

BAURU
2020

FÁBIO JOSÉ ESGUÍCERO

***FRAMEWORK* APLICADO A MODELAGEM DE PROCESSOS
NO GERENCIAMENTO MUNICIPAL
DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Tese apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção, junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Faculdade de Engenharia de Bauru - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” UNESP Câmpus de Bauru.

Área de Concentração: Gestão de Sistemas Produtivos

Orientadora: Professora Doutora Rosane Aparecida Gomes Battistelle.

BAURU

2020

E75f

Esguícero, Fábio José

Framework aplicado a modelagem de processos no gerenciamento municipal dos resíduos da construção civil / Fábio José Esguícero. --

Bauru, 2020

213 p. : il.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Engenharia, Bauru

Orientadora: Rosane Aparecida Gomes Battistelle

1. Framework. 2. Gerenciamento municipal. 3. Modelagem de
Processos. 4. Resíduos da Construção Civil. 5. RCC. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de
Engenharia, Bauru. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE FÁBIO JOSÉ ESGUÍCERO, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, DA FACULDADE DE ENGENHARIA - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 13 dias do mês de outubro do ano de 2020, às 09:00 horas, no(a) Via sistemas de videoconferência e outras ferramentas para comunicação a distância, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof^a. Dr^a. ROSANE APARECIDA GOMES BATTISTELLE - Orientador(a) do(a) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, Prof. Dr. RENATO DE CAMPOS do(a) Departamento de Engenharia de Produção / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, Prof^a. Dr^a. BARBARA STOLTE BEZERRA do(a) Departamento de Engenharia Civil e Ambiental / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, Prof. Dr. ALOISIO COSTA SAMPAIO do(a) Departamento de Ciências Biológicas / Faculdade de Ciências de Bauru - UNESP, Prof. Dr. FRANCISCO ANTONIO ROCCO LAHR do(a) Departamento de Engenharia de Estruturas / Escola de Engenharia de São Carlos - USP, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da TESE DE DOUTORADO de FÁBIO JOSÉ ESGUÍCERO, intitulada **FRAMEWORK APLICADO A MODELAGEM DE PROCESSOS NO GERENCIAMENTO MUNICIPAL DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL**.

Após a exposição, o discente foi arguido oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Prof^a. Dr^a. ROSANE APARECIDA GOMES BATTISTELLE

Prof. Dr. RENATO DE CAMPOS

Prof^a. Dr^a. BARBARA STOLTE BEZERRA

Prof. Dr. ALOISIO COSTA SAMPAIO

Prof. Dr. FRANCISCO ANTONIO ROCCO LAHR

Obs: Defesa do doutorado realizada pelo auxílio do Google meeting.

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, por completar mais etapa de minha vida.

À minha amada esposa **Elaine Cristina Placca Esguícero**, que participou e vivenciou cada momento desta longa jornada ao meu lado, sempre compreendendo os sacrifícios e compromissos deixados em segundo plano para realização deste sonho.

A minha querida mãe **Leonice Dias**.

À minha ilustríssima orientadora Professora

Doutora **Rosane Aparecida Gomes Battistelle**, pela confiança, por abrir as portas desta pesquisa e acima de tudo, pelos ensinamentos e por sua competência na condução desta tese.

Aos Mestres e funcionários do Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção da UNESP Câmpus Bauru, em especial ao Professor **Doutor Renato Campos**, a Professora **Bárbara Stolte Bezerra** e ao colega de doutorado

Rafael Mattos de Deus, pelas valiosas contribuições.

Ao prezado Professor Doutor **Jair Wagner de Souza Manfrinatto** e aos amigos da Prefeitura Municipal de Lençóis Paulista em especial ao

Benedito Martins e Reinaldo Reis Jayme.

*Se você não é capaz de descrever o que você faz como um processo,
então você não sabe o que está fazendo.*

William Edwards Deming

RESUMO

No Brasil, a Lei Federal 12.305/2010 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e a Resolução CONAMA nº 307/2002 estabelecem como responsabilidade do poder público municipal a criação de condições necessárias para a gestão e o adequado gerenciamento dos Resíduos da Construção Civil (RCC), buscando a efetiva redução de seus impactos ambientais. Uma maneira de aprimorar este gerenciamento é o emprego de ferramentas que permitam conhecer, medir e analisar o funcionamento dos processos executados no manejo de RCC, o que pode ser alcançado pela técnica da modelagem de processos. Em função do exposto, o objetivo principal desta tese foi o desenvolvimento de um *framework* específico para modelagem de processos no gerenciamento municipal de RCC, por meio de um estudo de caso desenvolvido no município de Lençóis Paulista. Foram identificados o funcionamento e a lógica dos processos e atividades desenvolvidas desde a geração dos resíduos até sua disposição final. O trabalho foi dividido em 4 objetivos específicos. No primeiro, foi realizado um levantamento bibliométrico relacionado ao gerenciamento de RCC. Destaca-se que não foram encontrados trabalhos que abordaram a questão da modelagem de processos concomitante ao gerenciamento municipal de RCC. No segundo objetivo foi desenvolvido um panorama do manejo de RCC no Estado de São Paulo, com dados extraídos do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS). O serviço de coleta e transporte é executado por três agentes distintos: empresas de coleta (caçambeiros), pela prefeitura municipal e diretamente pelos geradores de resíduos. Em 163 localidades (32,6% dos municípios), a Prefeitura é o único agente executor da coleta. O volume coletado de RCC é de 5,4 milhões de toneladas, o que resulta no valor per capita de 158 kg/hab./ano. A arquitetura do *framework* foi realizada no terceiro objetivo. Como resultado, tem-se a estrutura formada por 5 etapas e 12 subetapas. A estrutura foi proposta buscando adequação total a Resolução CONAMA nº 307/2002 e aos demais instrumentos e normas que disciplinam o manejo dos RCC. Destaca-se que os atributos funcionalidade e aplicabilidade estão presentes na estrutura do *framework*. O Estudo de caso da aplicação do *framework* foi desenvolvido no quarto objetivo. Por meio da aplicação, foi possível identificar os processos desenvolvidos no gerenciamento de RCC (modelagem As-Is), contemplando 7 processos distintos. Posteriormente, foram identificadas as deficiências e melhorias necessárias para aprimorar o sistema (modelagem To-Be), resultando em 8 processos. De acordo com o estudo foram verificadas a aplicabilidade prática e funcionalidade do *framework*, sendo que sua implementação resulta no incremento da produtividade, no aumento do índice de reciclagem e na melhora dos aspectos de qualidade do produto reciclado. O *framework* desenvolvido é um instrumento que pode ser aplicado pelos municípios que buscam adequar o gerenciamento de RCC aos critérios legais, com foco na eficiência dos processos e na redução dos impactos ambientais.

Palavras-Chave: *Framework*, Gerenciamento municipal; Modelagem de Processos; Resíduos da Construção Civil; RCC.

ABSTRACT

In order to effectively reduce the environmental impacts of solid waste in Brazil, Federal Law 12.305/2010, introduced the National Solid Waste Policy (NSWP), and CONAMA Resolution No. 307/2002, which establishes municipal public authorities the responsibility in creating the conditions necessary for the proper management of construction and demolition waste (C&D waste). Waste management may be improved by the use of tools, such as process modeling, that can identify, measure, and analyze the functioning of C&D waste management processes. Therefore, a case study developed in Lençóis Paulista - São Paulo State, was used to develop a specific modeling process framework for the municipal management of C&D waste. The functioning and logic of the processes and activities, from the generation of waste to its final disposal, were identified. The work was divided into four specific objectives. First, a bibliometric analysis was performed. However, no studies were found that addressed process modeling concomitant with municipal C&D waste management. Second, an overview of São Paulo State's C&D waste management data was developed using data extracted from the National Sanitation Information System. Waste collection and transport service have been performed by three different agents: collection companies, the municipal government, and waste generators. In 163 locations, the municipality is the only agent that executes the Waste collection. 5.4 million tons (158 kg/capita/year) of C&D waste were collected. Third, the architecture framework, which included 5 stages with 12 substeps, was implemented. The structure was proposed seeking the total implementation of CONAMA Resolution nº 307/2002 and the instruments and rules that govern C&D waste management. Fourth, a framework application case study was developed to identify the seven C&D waste management processes (As-Is modelling). Finally, the system deficiencies and improvements (To-Be modeling) were identified, resulting in eight processes. Based on the study, the framework has practical applicability and functionality, and its implementation results in increased productivity and recycling rates and improved recycled product quality. The developed framework is an instrument that can be applied by municipalities that seek to adapt the management of C&D waste to legal criteria with focus on process efficiency and reduction of environmental impacts.

Key words: Framework, Municipal management; Process modeling; Construction and demolition waste; C&D waste.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma do desenvolvimento da tese	22
Figura 2: Composição média dos materiais contidos nos RCC	29
Figura 3: Estrutura do PMGRCC	38
Figura 4: Estrutura de gestão funcional e vertical	44
Figura 5: Ciclo do BPM	46
Figura 6: Formulário SIPOC para mapeamento de processos	53
Figura 7: Hierarquia de processos	54
Figura 8: Modelagem da venda de livros via web por meio do BPMN	56
Figura 9: Proposta de modelagem desenvolvida por Hammer (2015)	62
Figura 10: Representação do estudo caso único	65
Figura 11: Delineamento de desenvolvimento do framework	69
Figura 12: Localização geográfica do município de Lençóis Paulista	71
Figura 13: Divisão do município de acordo com as bacias hidrográficas	71
Figura 14: Organograma funcional da Secretaria Municipal de Meio Ambiente	72
Figura 15: Etapas da análise bibliométrica	81
Figura 16: Publicações entre os anos 2008 e 2018	82
Figura 17: Ranking de origem das publicações	83
Figura 18: Métodos de pesquisa	87
Figura 19: Objetivos de estudo	88
Figura 20: Foco na cadeia produtiva	89
Figura 21: Equipamentos e veículos utilizados pelos municípios	95
Figura 22: Agentes executores da coleta e número de municípios	96
Figura 23: Total coletado de RCC por agente executor no ano 2018	97
Figura 24: Formas de destinação/disposição de RCC e número de instalações	98
Figura 25: Framework genérico da modelagem de processos	103
Figura 26: Framework específico da modelagem de processos do gerenciamento municipal de RCC	104
Figura 27: Processos e seus respectivos requisitos legais	108
Figura 28: Planejamento das entrevistas	109
Figura 29: Itens a serem modelados e técnicas de coleta dos dados	112
Figura 30: Estágios da modelagem To-Be	113
Figura 31: Rascunho da modelagem do macroprocesso de gerenciamento	124

Figura 32: Modelagem (As-Is) do macroprocesso de gerenciamento municipal de RCC em Lençóis Paulista	125
Figura 33: Modelagem (As-Is) do processo: Coleta e transporte de RCC pelos	127
Figura 34: Modelagem (As-Is) do processo: Coleta e transporte de RCC pelos	129
Figura 35: Modelagem (As-Is) do processo: Coleta e transporte dos Ecopontos...	130
Figura 36: Modelagem (As-Is) do processo Fiscalização	132
Figura 37: Modelagem (As-Is) do processo: Reciclagem de RCC	135
Figura 38: Pátio de recebimento das caçambas.....	136
Figura 39: Certificado de Transporte de Resíduos (CTR)	137
Figura 40: Abastecimento do triturador.....	139
Figura 41: Armazenamento de RCC com maior teor de “finos”	139
Figura 42: RCC reciclado - Produto “Bica corrida”	140
Figura 43: Modelagem (As-Is) do processo de reutilização dos RCC	141
Figura 44: Reutilização do RCC reciclado em estradas rurais (LEP 335)	142
Figura 45: Situação da via LEP 335 “anterior” e “posterior” a regularização	143
Figura 46: Modelagem (As-Is) do processo: Disposição final – Aterro de RCC	143
Figura 47: Enquadramento das ações do gerenciamento de RCC em relação a resolução CONAMA nº 307/2002	150
Figura 48: Processos e número de deficiências atribuídas	157
Figura 49: Modelagem (To-Be) do macroprocesso de gerenciamento municipal de RCC em Lençóis Paulista	158
Figura 50: Modelagem (To-Be) do processo: Avaliação do PGRCC dos grandes geradores	160
Figura 51: Modelagem (To-Be) do processo: Coleta e transporte pelos agentes privados.....	162
Figura 52: Modelagem (To-Be) do processo: Coleta e transporte pelos.....	163
Figura 53: Modelagem (To-Be) do processo: Fiscalização	165
Figura 54: Modelagem (To-Be) do processo: Reciclagem de RCC	167
Figura 55: Modelagem (To-Be) do processo: reutilização do RCC reciclado	168

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Classificação dos resíduos sólidos de acordo com a origem	25
Quadro 2: Classificação dos RCC	32
Quadro 3: Conceitos empregados na gestão e gerenciamento dos RCC	33
Quadro 4: Níveis de modelagem de processo.....	57
Quadro 5: Elementos básicos da notação BPMN.....	58
Quadro 6: Etapas de modelagem de processos.....	62
Quadro 7: Táticas de validação do estudo de caso empregados na pesquisa	66
Quadro 8: Variáveis extraídas do SNIS	67
Quadro 9: Informações obtidas com o cruzamento das variáveis do SNIS.....	68
Quadro 10: Indicadores municipais: demográficos e sócio econômicos	72
Quadro 11: Síntese da pesquisa sobre aplicação da modelagem e mapeamento ...	91
Quadro 12: Síntese das etapas de modelagem identificadas na.....	102
Quadro 13: Fontes de informação e dados pesquisados	106
Quadro 14: Consulta a documentação prévia dos processos	107
Quadro 15: Instrumentos de coleta dos dados	110
Quadro 16: Identificação da triagem dos resíduos Classe B	137
Quadro 17: Enquadramento das ações de gerenciamento de RCC em	148
Quadro 18: Enquadramento das ações de gerenciamento de RCC em.....	149
Quadro 19: Deficiências identificadas e propostas de melhorias do gerenciamento de RCC	154

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Estimativa da Geração de RCC por Regiões no Estado de São Paulo.....	28
Tabela 2: Destinação e aplicação dos RCC	36
Tabela 3: Normas ABNT orientadas aos RCC	37
Tabela 4: Seleção dos artigos na base Scopus	81
Tabela 5: Ranking dos 10 artigos mais citados.....	83
Tabela 6: Ranking dos autores com mais trabalhos publicados	84
Tabela 7: Ranking das 10 palavras-chave mais citadas	84
Tabela 8: Ranking dos periódicos com maior número	85
Tabela 9: Estrutura da classificação dos artigos	85
Tabela 10: Volume coletado e reciclado de RCC no município	145
Tabela 11: Síntese da execução do framework no estudo de caso	170

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRECON	Associação Brasileira para Reciclagem de RCD
ABRELPE	Associação Brasileira das Empresas de Limpeza PÚBLICA
ACV	Análise do Ciclo de Vida
ATEALP	Associação dos Transportadores de Entulho e Agregados de Lençóis Paulista
ATT	Área de Triagem e Transbordo
BPM	<i>Business Process Management</i>
BPMN	<i>Business Process Model and Notation</i>
BPMI	<i>Business Process Management Initiative</i>
CBOK	<i>Business Process Management Common Book of Knowledge</i>
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
COOPRELP	Cooperativa de Reciclagem de Lençóis Paulista
CTR	Controle de Transporte de Resíduos
DPN	Diagramas de Processo de Negócio
EPC	<i>Event-Driven Process Chain</i>
FEB	Faculdade de Engenharia de Bauru
FECOP	Fundo Estadual de Controle e Prevenção da Poluição
FEPASA	Ferrovias Paulista S/A
IDEF	<i>Integrated DEFinition</i>
MMA	Ministério do Meio Ambiente
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
OMG	<i>Object Management Group</i>
PEV	Ponto de Entrega Voluntário
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PMGIRS	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PMGRCC	Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil
PMMA	Política Municipal de Meio Ambiente
PGRCC	Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil
RCC	Resíduos da Construção Civil
RCD	Resíduos da Construção e Demolição

RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SAMA	Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SINDUSCON	Sindicato dos Construtores do Estado de São Paulo
SISNAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente
SIPOC	<i>Supplier, Input, Process, Output, Customer</i>
SMA	Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo
SMO	Secretaria Municipal de Obras
SNIS	Serviço Nacional de Informação sobre Saneamento
SNVS	Sistema Nacional de Vigilância Sanitária
UML	<i>Unified Modeling Language</i>
UNESP	Universidade do Estado de São Paulo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	16
1.1	Objetivo Geral.....	18
1.2	Objetivos específicos	19
1.3	Justificativa	19
1.4	Estrutura do desenvolvimento da tese	21
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23
2.1	Resíduos sólidos.....	23
2.2	Classificação dos resíduos sólidos	25
2.3	Resíduos Sólidos da Construção Civil	26
2.3.1..	Gestão e Gerenciamento dos RCC	29
2.3.2..	Estrutura do Plano Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PMGRCC).....	37
2.4	Gestão, mapeamento e modelagem de processos.....	42
2.5	Gestão por processos	43
2.6	Gestão de Processos de Negócio (BPM)	45
2.7	Modelagem e mapeamento de processos	49
2.8	Hierarquia de processos	53
2.9	Técnicas de modelagem de processos.....	54
2.10	Características do BPMN - <i>Business Process Model and Notation</i>	56
2.10.1	Elementos de notação BPMN	57
2.10.2	Software para modelagem.....	59
2.11	Etapas da modelagem de processos.....	60
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	63
3.1	Classificação da pesquisa	63
3.2	Coleta de dados.....	66
3.3	Delineamento de desenvolvimento do framework	68
4	CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE DE ESTUDO	70
4.1	Aspectos geográficos e socioeconômicos	70
4.2	Histórico do gerenciamento de RCC no município de Lençóis Paulista	73

5	ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	80
5.1	Procedimentos metodológicos da análise bibliométrica.....	81
5.2	Discussão da análise bibliométrica	82
5.3	Classificação dos artigos selecionados	85
5.4	Síntese da análise bibliométrica e classificação dos artigos.....	90
5.4.1	Modelagem de processos no gerenciamento de resíduos sólidos	90
6	PANORAMA DO GERENCIAMENTO DE RCC NO ESTADO DE S. PAULO..	94
6.1	Sistema de Coleta e Transporte.....	95
6.2	Volume Coletado.....	96
6.3	Destinação e Disposição Final.....	98
6.4	Síntese do panorama de gerenciamento	99
7	DESENVOLVIMENTO DO <i>FRAMEWORK</i> APLICADO A MODELAGEM DE PROCESSOS NO GERENCIAMENTO MUNICIPAL DE RCC	101
7.1	Identificação do <i>Framework</i> genérico	101
7.2	<i>Framework</i> específico	103
7.2.1	Etapa 1.A - Identificação dos objetivos e estratégia	105
7.2.2	Etapa 2.A Definição do escopo do ciclo de modelagem.....	105
7.2.3	Etapa 2.B - Identificação das fontes de informação	105
7.2.4	Etapa 2.C - Definição e consulta dos requisitos legais.....	106
7.2.5	Etapa 2.D - Definição das pessoas e papéis funcionais.....	108
7.2.6	Etapa 3.A: Definição das técnicas de coleta dos dados	108
7.2.7	Definição dos instrumentos de coleta dos dados	109
7.2.8	Etapa 4.A - Escolha dos instrumentos de modelagem	111
7.2.9	Etapa 4.B - Elaboração do rascunho da modelagem	111
7.2.10	Etapa 4.C - Modelagem <i>As-Is</i>	112
7.2.11	Etapa 4.D - Modelagem <i>To-Be</i>	113
7.2.12	Etapa 5 - Avaliação e validação da modelagem	114
7.3	Síntese do <i>framework</i>	115
8	ESTUDO DE CASO DA APLICAÇÃO DO <i>FRAMEWORK</i>	120
8.1	Construção da Modelagem (<i>As-Is</i>).....	120
8.1.1	Etapa 1.A - Identificação dos objetivos e estratégia	120

8.1.2 Etapa 2: Preparação do Projeto	120
8.1.3 Etapa 3: Coleta dos dados	122
8.1.4 Etapa 4: Construção da Modelagem	123
8.2 Etapa 4.C - Construção da Modelagem (<i>As-Is</i>)	124
8.2.1 Processo 1: Coleta e transporte pelos agentes privados	126
8.2.2 Processo 2: Coleta e transporte pelos agentes públicos.....	128
8.2.3 Processo 3: Coleta e transporte dos ecopontos.....	129
8.2.4 Processo 4: Fiscalização.....	131
8.2.5 Processo 5: Reciclagem de RCC	134
8.2.6 Processo 6: Reutilização do RCC reciclado.....	141
8.2.7 Processo 7: Disposição final dos resíduos no aterro de RCC	143
8.3 Análise quantitativa do volume processado no sistema.....	144
8.3.1 Etapa 5.A – Avaliação e Validação da Modelagem.....	146
8.4 Etapa 4.D - Modelagem (<i>To-Be</i>)	147
8.4.1 Avaliação dos aspectos legais do sistema de gerenciamento	147
8.4.2 Benchmarking do gerenciamento Estadual de RCC	152
8.4.3 Metas de aumento da produtividade	153
8.4.4 Identificação das deficiências e proposição das melhorias	153
8.5 Resultados da Modelagem (<i>To-Be</i>).....	157
8.5.1 Modelagem (<i>To-Be</i>) - Processo 1: Avaliação do PGRCC.....	159
8.5.2 Modelagem (<i>To-Be</i>) - Processo 2: Coleta pelos agentes privados.....	161
8.5.3 Modelagem (<i>To-Be</i>) - Processo 3: Coleta pelos agentes públicos	163
8.5.4 Modelagem (<i>To-Be</i>) - Processo 5: Fiscalização	164
8.5.5 Modelagem (<i>To-Be</i>) - Processo 6: Reciclagem de RCC	166
8.5.6 Processo 7: Reutilização do RCC Reciclado.....	168
8.6 Etapa 5.A - Avaliação e Validadação da Modelagem <i>To-Be</i>	169
8.7 Síntese do desenvolvimento do estudo de caso.....	169
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	176
9.1 Contribuições teóricas e práticas.....	180
9.2 Limitações da pesquisa	181
9.3 Sugestões para pesquisas futuras.....	182
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	183

APÊNDICE A 204

APÊNDICE B 208

APÊNDICE C 209

APÊNDICE D 210

APÊNDICE E 211

APÊNDICE F..... 212

APÊNDICE G..... 213

1 INTRODUÇÃO

A atividade da construção civil é causadora de impactos ambientais em toda cadeia produtiva, desde a extração dos recursos naturais até o consumo final de seus produtos. Nas construções, reformas, reparos e demolições de edifícios e demais obras, os impactos são verificados na elevada geração de resíduos sólidos, conhecidos como Resíduos da Construção Civil - RCC (CONAMA, 2002; GÁLVEZ-MARTOS et al., 2018; FALESCHINI et al., 2016).

No Brasil, de acordo com dados da Associação Brasileira de Limpeza Pública (ABRELPE), estima-se que no ano 2018 foram coletadas 44,5 milhões de toneladas de RCC, representando 36,0% do total coletado de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), porém, em algumas localidades, estes resíduos representam mais de 60% do total de RSU gerado (SILVA; FERNANDES, 2012).

De acordo com Menezes et al. (2011), os RCC apresentam elevada heterogeneidade em sua composição e 70% de sua origem é proveniente de pequenos geradores. Estes resíduos, quando destinados a locais inapropriados acabam por acelerar os impactos ambientais, principalmente nos centros urbanos, pois geram a obstrução dos elementos de drenagem, poluição de vias públicas e degradação dos mananciais (MARZOUK; AZAB, 2014; MARINKOVIĆ et al., 2010; KLEIN; DIAS, 2017).

Diante deste cenário, são exigidos esforços cada vez maiores de ordem técnica e econômica por parte dos órgãos públicos responsáveis pelo manejo dos resíduos nos municípios. No Brasil, o gerenciamento dos RCC segue normas estabelecidas em resoluções e leis das esferas Federal, Estadual e Municipal, que fixam diretrizes, critérios, e procedimentos próprios para seu manejo.

Em termos de hierarquia, tem-se como o mais importante instrumento legal a Lei Federal 12.305, de 02 de Agosto de 2010, que criou a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e instituiu a responsabilidade da gestão compartilhada dos resíduos. Além da PNRS, o setor é regulamentado por meio da resolução nº 307/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) e suas alterações, que define as responsabilidades dos geradores, transportadores e das áreas de destinação final dos RCC.

Estes regulamentos estabeleceram metas, ações e responsabilidades de todos

atores envolvidos na cadeia produtiva geradora de RCC, incluindo aí os gestores públicos municipais, os pequenos e os grandes geradores do setor privado (LEITE et al., 2017; OLIVEIRA; GALVÃO JUNIOR, 2016).

Dentre as metas, ações e responsabilidade do poder público está a obrigatoriedade da elaboração do Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil (PMGRCC) e para os grandes geradores do setor privado, incluindo os transportadores, a criação do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil - PGRCC (CONAMA, 2002).

Verifica-se por meio do instrumento legal, que apesar da responsabilidade do setor privado, cabe ao poder público criar as condições necessárias para o gerenciamento adequado destes resíduos, sendo os municípios os responsáveis pela gestão e destinação ambientalmente correta dos seus RCC buscando a efetiva redução dos impactos ambientais (BRASILEIRO; MATTOS, 2015).

Porém, apesar da imposição legal e dos impactos ambientais, poucas são cidades que elaboraram seu PMGRCC e conseguiram de forma eficaz, transpor os desafios impostos no gerenciamento desta classe de resíduos. No gerenciamento de RCC estes desafios são acentuados pelo fato da sua geração, nos canteiros de obras, ser muito difusa (GÁLVEZ-MARTOS; ISTRATE, 2020).

Esta situação, aliada a ausência de corpo técnico especializado, principalmente nas cidades de pequeno porte, resulta em um cenário típico das instituições públicas, que é a dificuldade em conhecer, medir e analisar adequadamente o funcionamento de seus processos, limitando a proposição de mudanças para seu aprimoramento (SCREMIN; CASTILHOS JUNIOR; ROCHA, 2014).

Este cenário pode ser revertido por meio da aplicação de ferramentas da área de gestão por processos, amplamente empregadas no setor privado, como a modelagem e mapeamento de processos (PRADELLA; WENDT, 2011), os quais possibilitam o entendimento profundo do fluxo de operações nos processos, nas tarefas e atividades desenvolvidas pelas organizações. O desenvolvimento de instrumentos que resultam no conhecimento desse fluxo de operações é condição inicial para alcançar a melhoria e eficiência da gestão (GHAFAR et al., 2020; ASLAM et al., 2020).

De acordo com Rodrigues (2015), independente de sua natureza, pública ou privada, o aprimoramento da organização é importante, dada a necessidade de diminuir custos, melhorar a qualidade e o desempenho de serviços e processos. Na administração pública as instituições devem se preocupar em dar retorno à sociedade, aumentando a transparência, melhorando a utilização dos recursos e aprimorando a qualidade de seus serviços (CATELLI; SANTOS, 2004).

Neste contexto, o município de Lençóis Paulista, localizado no interior do estado de São Paulo, possui desde o ano 2013 seu PMGRCC, que contempla iniciativas que visam a adequada destinação e disposição dos RCC, buscando reduzir seus impactos ambientais e possibilitar seu retorno à cadeia local da construção civil.

Apesar destas iniciativas, o município demanda novas soluções para aumentar a eficácia do manejo dos RCC, seja por meio da intensificação das fiscalizações, pelo aumento do índice de reciclagem e pela redução de resíduos sólidos destinados ao aterro.

Porém, os gestores públicos responsáveis pelo manejo desta classe de resíduos no município, assim como outras localidades, não possuem uma modelagem integrada e o mapeamento do fluxo de operações dos RCC, desde o gerador até a disposição final. O conhecimento deste fluxo de operações é uma condição inicial para se alcançar a melhoria e eficiência no processo de gerenciamento de qualquer natureza.

Em função do exposto, esta tese buscou desenvolver um *framework* para modelagem de processos do gerenciamento municipal dos RCC por meio de um estudo de caso no município de Lençóis Paulista. Desta forma, foi possível conhecer o fluxo integrado dos resíduos considerando as etapas da geração, coleta, transporte, destinação e a disposição final, o que possibilitou avaliar a eficiência do atual sistema de gerenciamento, a identificação das deficiências e melhorias necessárias e finalmente, propor uma modelagem para aprimorar as ações de manejo desta classe de resíduos.

1.1 Objetivo Geral

Desenvolver um *framework* específico aplicado à modelagem de processos do gerenciamento municipal dos resíduos da construção civil.

1.2 Objetivos específicos

- a) Realizar uma análise bibliométrica do gerenciamento de RCC;
- b) Desenvolver um panorama do gerenciamento de RCC no Estado de São Paulo;
- c) Construir um *framework* de modelagem de processos aplicado ao gerenciamento municipal de RCC;
- d) Aplicar o *framework* por meio de um estudo de caso no município de Lençóis Paulista.

1.3 Justificativa

A resolução CONAMA n° 307/2002 e suas alterações estabelecem o conceito de gestão e gerenciamento para nortear as ações no âmbito dos RCC. De acordo com esta resolução, o termo “gestão de resíduos sólidos” designa o conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os RCC, que segundo Schalch (2002), englobam um conjunto de princípios, metas, diretrizes e normas que visam estabelecer o controle de produtividade e manejo de resíduos.

Já o “gerenciamento de resíduos sólidos”, compreende as ações a serem executadas para concretizar tais metas e diretrizes estabelecidas no modelo de gestão. Além de elaborar o plano de gestão de RCC a resolução citada impôs ao administrador público municipal uma série de obrigações:

- criar as condições necessárias para o gerenciamento adequado dos RCC;
- disponibilizar pontos de recebimento de resíduos oriundos dos pequenos geradores;
- exigir dos grandes geradores seus planos de gerenciamento de RCC, além de fiscalizá-los;
- zelar pela destinação ambientalmente adequada dos RCC.

Ocorre que, diante destas imposições, é comum nos pequenos municípios o poder público além de estabelecer as condições de gestão, realizar a função de gerenciamento dos RCC. Diante desta realidade, tem-se um complexo conjunto de processos onde o responsável pelos serviços de limpeza pública no município deve

administrar, desde o gerador até a disposição final dos RCC, visando atender ao conteúdo da resolução CONAMA.

No município de Lençóis Paulista, unidade de estudo desta tese, este cenário não é diferente, pois a prefeitura municipal é responsável pela administração da usina de reciclagem e do aterro de RCC, além de fiscalizar os geradores e transportadores, exercendo ainda a função de coleta e transporte nos pontos de disposição clandestinos destes resíduos.

Diante destes desafios, é necessário o constante aprimoramento destes serviços ambientais prestados pela administração pública, o que significa otimizar os processos de gerenciamento dos RCC, a fim de aumentar a qualidade dos serviços públicos e reduzir os impactos ambientais. Estes objetivos podem ser alcançados por meio da modelagem de processos. A técnica de modelagem de processos, segundo Baldam (2009) e Pradella e Wendt (2011) proporcionam os seguintes benefícios:

- compreensão do funcionamento da organização;
- conversão do conhecimento tácito para explícito;
- otimização do fluxo de informações;
- subsídios para a reestruturação da organização;
- documentação, entendimento, aprendizado e melhoria dos processos.

Diante destes benefícios, o desenvolvimento do *framework* com foco na modelagem de processos desenvolvida neste trabalho justifica-se pelos seguintes fatos:

- Documentação, entendimento e compreensão dos processos desempenhados no manejo de RCC no município de Lençóis Paulista;
- Subsídios para aprimoramento destes processos com maior clareza do fluxo dos resíduos e das informações geradas;
- Otimização dos recursos financeiros e da prestação de serviços aos munícipes;
- Adequação do município à resolução CONAMA 307/2002 e a PNRS reduzindo os impactos ambientais causados pelos RCC.

Além destes fatores, esta tese justifica-se pela originalidade, pois por meio da

revisão de literatura realizada não foram encontrados estudos que abordam de forma concomitante a modelagem e o gerenciamento municipal de RCC, sendo encontrados apenas estudos que abordaram a modelagem e o gerenciamento de outras classes de resíduos, aplicados principalmente no setor privado.

Esta tese auxiliará ainda os gestores públicos de outros municípios que necessitam implantar ou aprimorar seus sistemas de gerenciamento de RCC, pois os resultados da pesquisa apresentam as dificuldades e propostas de manejo dos RCC verificadas tanto na literatura como na unidade do estudo de caso, e principalmente, pela experiência compartilhada pelo autor desta tese que possui 16 anos de atuação direta no manejo de resíduos da construção civil.

1.4 Estrutura do desenvolvimento da tese

Esta tese foi estruturada em nove capítulos, sendo que o fluxograma apresentado na Figura 1 representa de forma sintetizada as etapas de seu desenvolvimento. A introdução no capítulo 1 apresenta o tema e o contexto de elaboração da tese, os objetivos e a justificativa para a realização deste estudo. Na Revisão Bibliográfica no capítulo 2, é apresentada a revisão da literatura sobre resíduos sólidos, RCC, gerenciamento de RCC, mapeamento e modelagem de processos.

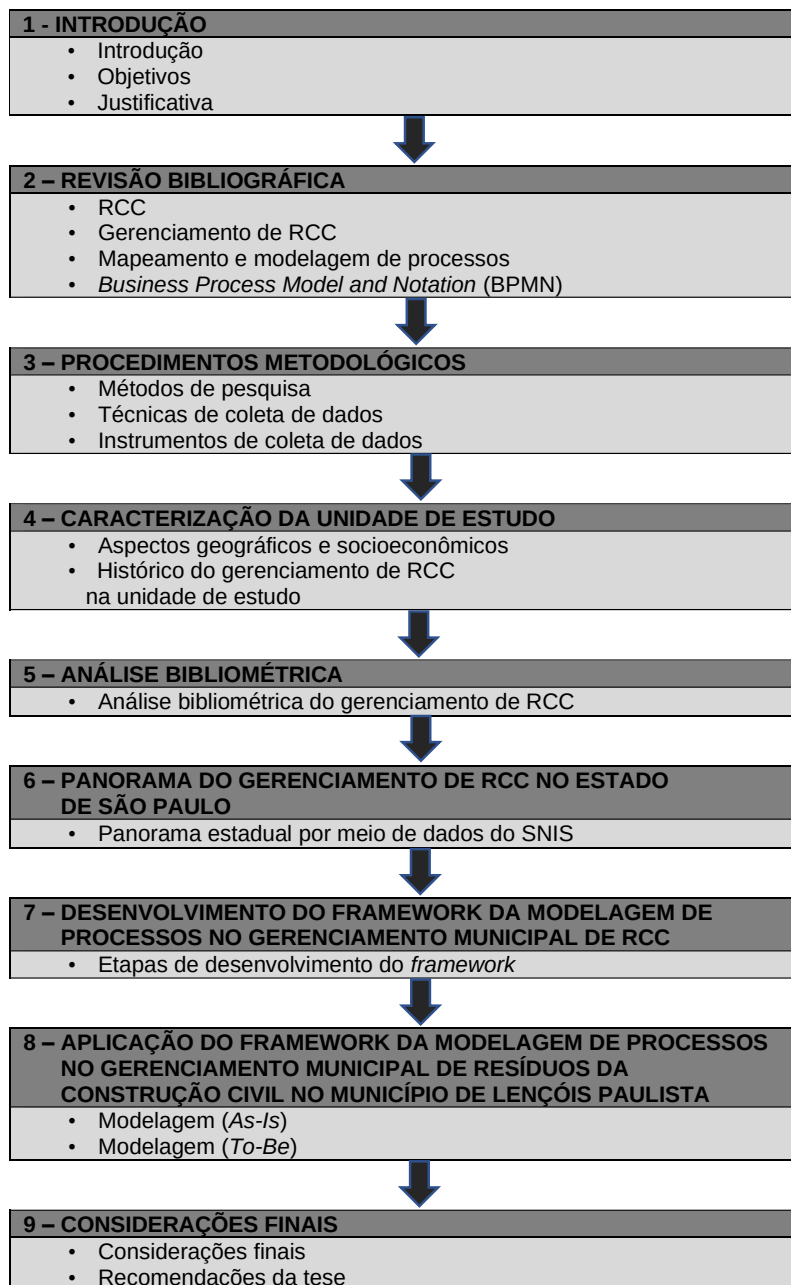
O capítulo 3 apresenta os procedimentos metodológicos, onde é realizada a classificação do estudo e apresentação dos procedimentos metodológicos empregados para atingir os objetivos da pesquisa. No capítulo 4 é realizada a caracterização da unidade do estudo de caso (município de Lençóis Paulista), onde o *framework* de modelagem foi aplicado. Este capítulo contempla também o histórico do gerenciamento de RCC da unidade de estudo.

No capítulo 5 foi realizado um estudo bibliométrico sobre gerenciamento de RCC, além de um levantamento dos estudos que abordam o emprego da técnica de modelagem de processos ao gerenciamento de resíduos sólidos. Em sequência, no capítulo 6 foi desenvolvido um panorama do gerenciamento de RCC dos municípios do Estado de São Paulo, por meio de dados do Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS).

O desenvolvimento do *framework* é realizado no capítulo 7, demonstrando as

etapas necessárias para o município realizar a modelagem de processos do gerenciamento municipal de RCC.

Figura 1: Fluxograma do desenvolvimento da tese



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

O capítulo 8 trata da aplicação do *framework* por meio do estudo de caso no município de Lençóis Paulista. Por meio desta aplicação, foi realizada a modelagem (*As-Is*) do gerenciamento municipal de RCC e posteriormente, a modelagem de processos (*To-Be*), visando o aprimoramento do gerenciamento municipal de RCC. O capítulo 9 traz as considerações finais e recomendações obtidas pelo estudo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo contém a revisão bibliográfica que inicialmente aborda de forma generalizada os resíduos sólidos e de maneira aprofundada, os resíduos da construção civil, definindo sua classificação, estimativas de geração e critérios para seu manejo.

Em seguida, são abordados os principais temas sobre gestão, mapeamento e modelagem de processos, descrevendo a notação de modelagem empregada na tese. Na última etapa desta seção é realizada uma revisão da literatura para identificar quais são as principais etapas que compõe a modelagem de processos.

2.1 Resíduos sólidos

O desenvolvimento da era industrial e sua expansão pelo mundo no século XIX transformou radicalmente a forma de produzir e consumir do ser humano (FREITAS, 2016; MANKIW, 2013).

A revolução industrial trouxe inúmeros benefícios à humanidade, mas também provocou consequências negativas como o crescimento desordenado dos centros urbanos alterando drasticamente a relação do sistema de produção com a natureza. Esta relação é amparada na extração de recursos do meio ambiente e na criação de materiais com elevada complexidade de serem absorvidos pela natureza, que resulta em impactos ambientais cada vez mais significativos (COSTA, 2011; SOBRAL, 2012; VARGAS, 2018).

Para Magagnin Filho e Sichieri (2015), Moh e Manaf (2014) e Freitas (2016), os impactos ambientais são resultantes da ação do homem na natureza como a poluição atmosférica, a alteração da fauna e flora, a contaminação dos recursos hídricos e um problema recorrente dos centros urbanos: a imensa geração de resíduos sólidos.

A definição sobre “resíduos sólidos” mais frequentemente observada na literatura sobre o tema é aquela estabelecida na ABNT NBR 10004/2004 e na Política Nacional de Resíduos Sólidos. A Norma Brasileira ABNT NBR 10004/2004, da Associação Brasileira de Normas Técnicas, traz a seguinte definição para resíduos sólidos:

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) são resíduos no estado sólido e semi- sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nessa definição, os lodos provenientes do tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT/NBR. Resíduos Sólidos, 2004, p.1).

Já a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), estabelecida pela Lei nº 12.305/2010 designa o termo resíduo sólido como material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, 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.

Segundo Grimberg (2004), Yoshitake, Costa Júnior e Fraga (2010), por uma questão cultural, é comum alguns autores conceitarem lixo e resíduo de forma similar. Para resolver esta questão os autores consideram o termo “lixo” como sendo restos de alimentos, embalagens descartadas e objetos inservíveis misturados.

Quando separados em materiais secos e umidos, a parte útil do lixo transforma-se em resíduo sólido reaproveitável ou reciclável. A parte restante, que não se tem como aproveitar, denomina-se rejeito (SILVEIRA, 2014). A PNRS define rejeito como um tipo de resíduo sólido, que após esgotadas as suas possibilidades viáveis de recuperação ou tratamento, devem ser encaminhados para disposição final ambientalmente adequada.

Para Amorim et al. (2010), a produção de resíduos está ligada diretamente aos seguintes fatores: cultura, trabalho, aos costumes de alimentação, higiene e consumo humanos. Podem ser provenientes de diversas fontes geradoras que apresentam diferentes características: volumosos (entulho da construção civil), outros com acelerada decomposição (frutas e restos de alimentos) e outros tóxicos (pilhas e baterias). Conhecer as propriedades e características dos resíduos bem como sua classificação é de fundamental importância para seu correto gerenciamento e a redução de seus impactos no meio ambiente (LIMA-e-SILVA et al., 2002; HEMPE; NOGUERA, 2012).

2.2 Classificação dos resíduos sólidos

Os resíduos sólidos podem ser classificados de acordo com sua natureza física (seco ou molhado), sua composição química (orgânico ou inorgânico) e sua fonte geradora: domiciliar, industrial, hospitalar, etc (LAFUENTE JUNIOR, 2012; ABNT, 2004). O art. 13 da PNRS classifica os resíduos sólidos de acordo com sua origem e periculosidade. Quanto a origem são 11 classificações distintas, as quais podem ser observadas no Quadro 1.

Quadro 1: Classificação dos resíduos sólidos de acordo com a origem

Classificação	Descrição
Resíduos domiciliares	os originários de atividades domésticas em residências urbanas
Resíduos de limpeza urbana	os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana
Resíduos sólidos urbanos	englobam os resíduos domiciliares e de limpeza urbana
Resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços	os gerados nessas atividades, exceto: limpeza urbana, saneamento básico, serviços da saúde, construção civil e agrossilvopastoris
Resíduos dos serviços públicos de saneamento básico	os gerados nessas atividades, excetuados os resíduos sólidos urbanos
Resíduos industriais	os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
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
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
Resíduos agrossilvopastoris	os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados aos insumos utilizados nessas atividades
Resíduos de serviços de transportes	os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira
Resíduos de mineração	os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios

Fonte: PNRS, 2010.

Os Resíduos comerciais e de prestadores de serviços, caracterizados como não perigosos, podem, em razão de sua natureza, composição ou volume, serem equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal. Quanto a periculosidade, a PNRS classifica os resíduos sólidos em dois grupos:

- **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;
- **resíduos não perigosos:** aqueles não enquadrados nas características dos resíduos perigosos.

A classificação estabelecida pela PNRS quanto a periculosidade segue os preceitos estabelecidos pela classificação dada pela norma ABNT NBR-10.004/2004, que considera os riscos potenciais dos resíduos ao ambiente, classificando-os da seguinte forma:

- 1) **Resíduos Classe I:** perigosos, que possuem as seguintes características: inflamável, corrosivo, reativo, tóxico e/ou patogênico, a exemplo de lâmpadas fluorescentes, pó e fibra de amianto, baterias veiculares e óleos lubrificantes usados;
- 2) **Resíduos Classe II:** não perigosos;
 - a) **Resíduos Classe II A:** não inertes: pode ser combustível, biodegradável e/ou solúvel em água;
 - b) **Resíduos Classe II B:** inertes: não solúveis em água, como tijolos e vidros.

A revisão de literatura desenvolvida a seguir abordará as características dos resíduos originados da construção civil (Classe II B), por se tratar do resíduo objeto de estudo desta tese.

2.3 Resíduos Sólidos da Construção Civil

Os Resíduos da Construção Civil (RCC) são os provenientes de construções, reformas, reparos, demolições de edifícios, obras de construção civil e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos (CONAMA, 2002; GÁLVEZ-MARTOS et al., 2018).

De acordo com a literatura internacional, durante o processo construtivo os RCC podem ser divididos em duas categorias: resíduos de construção e resíduos de

demolição. Esta divisão ocorre porque a proporção de cada material de construção desperdiçado nos dois fluxos de resíduos pode variar dependendo das características do projeto (WU et al., 2014; YUAN, 2017).

Tendo em vista que grande parcela dos resíduos da construção civil é oriunda das atividades dos canteiros de obras e de serviços de demolição, pode-se denominá-los genericamente de resíduos de construção e demolição – RCD (PINTO, 1999). Porém, no desenvolvimento desta tese foi empregada a nomenclatura “RCC”, adotada no texto da PNRS e na resolução CONAMA n° 307/2002.

Para Castellano et al. (2014) e Yeheyis et al. (2013), estes resíduos, em função da sua elevada escala de geração, representam entre 20 e 30% do total de RSU e, em alguns casos, representam mais de 50% do total gerado no meio urbano. Uma das principais particularidades deste resíduo, segundo Menezes, Pontes e Afonso (2011) é que 70% da sua origem é proveniente de pequenos geradores, ou seja, pequenas obras e reparos, além de apresentar heterogeneidade em sua composição, exigindo consideráveis esforços técnico e financeiro por parte dos gestores públicos nos municípios para seu manejo.

Quando mal gerenciados e destinados a locais inapropriados, acabam por acelerar os impactos ambientais e a degradação nos centros urbanos, pois geram obstrução de elementos de drenagem, poluição de vias públicas e degradação de mananciais (CORONADO et al., 2011; MORAES; LIMA; LIMA, 2017).

Estes impactos são agravados principalmente durante os ciclos de expansão da atividade econômica, pois aceleram o surgimento de novos investimentos e empreendimentos, gerando um volume cada vez maior de resíduos. Devido aos grandes volumes de materiais gerados neste setor, sua gestão é uma preocupação mundial.

Em 2011 a geração de RCC nos países europeus alcançou o volume de 859,5 milhões de toneladas, representando cerca de 32,9% do total de resíduos sólidos gerados. Nos Estados Unidos foi estimado o valor de 500 milhões de toneladas para o ano 2015, o que representa entre 25,0% e 40,0% do total de resíduos gerado pelos norte-americanos.

Na China, o maior gerador mundial de RCC, estima-se que são gerados 1,13 bilhões de toneladas/ano (AKHTAR; SARMAH, 2018; BERNARDO; GOMES; BRITO, 2016; CHENG; WON; DAS, 2015). Nos Estados Unidos a geração per capita é de 1,0 t.hab/ano e na União Européia esta situada entre 0,622 e 1,4 t.hab/ano (CORDOBA,

2014; USEPA, 2014). No Brasil, de acordo com dados da Associação Brasileira de Limpeza Pública (ABRELPE), estima-se que foram coletadas 44,5 milhões de toneladas de RCC no ano 2018, representando 36,0% do total coletado de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), exigindo um conjunto de metas e ações orientados ao correto manejo destes resíduos.

Os dados com a estimativa da geração de RCC para as Regiões Administrativas no Estado de São Paulo, calculados pela Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SMA) e pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) podem ser observados na Tabela 1.

Tabela 1: Estimativa da Geração de RCC por Regiões no Estado de São Paulo

Região Administrativa	Número de municípios	População urbana (2012)	Geração (t/dia)
Araçatuba	43	686.598	1.167
Barretos	19	400.500	681
Bauru	39	1.007.965	1.714
Campinas	90	6.051.542	10.288
Central	26	919.063	1.563
Franca	23	677.656	1.153
Marília	51	876.448	1.490
Presidente Prudente	53	746.589	1.270
Registro	14	192.691	328
Ribeirão Preto	25	1.244.471	2.116
Santos	9	1.688.894	2.872
São José do Rio Preto	96	1.338.721	2.276
São José dos Campos	39	2.172.343	3.693
Sorocaba	79	2.463.733	4.189
Metropolitana de São Paulo	39	19.709.882	33.507
TOTAL	645	40.177.096	68.302

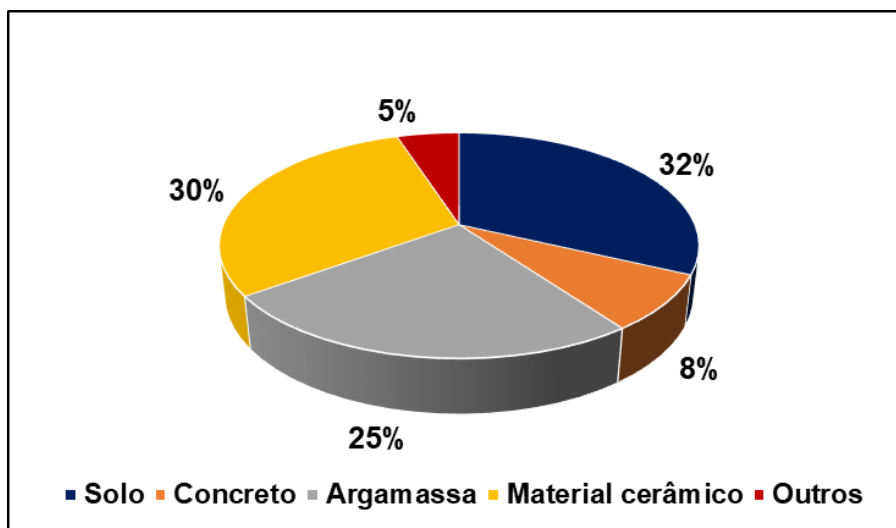
Fonte: SMA e CETESB, 2013.

Destaca-se que somente as regiões administrativas de Campinas e a região metropolitana de São Paulo representam 20,0% dos municípios do Estado de São Paulo, porém, de acordo com levantamento da SMA e CETESB, representam 64,12% do total de RCC gerado, resultando no valor per capita estimado de 0,612 t.hab/ano.

A geração e a composição dos RCC é variável nas diferentes regiões e

depende do tipo de construção e do grau de desenvolvimento econômico e regional (ANGULO et al., 2011; MENEZES; PONTES; AFONSO, 2011). A composição média dos materiais contidos nestes resíduos são ilustrados na Figura 2.

Figura 2: Composição media dos materiais contidos nos RCC



Fonte: Menezes et al., 2011.

2.3.1 Gestão e Gerenciamento dos RCC

Os termos gestão e gerenciamento são muitas vezes utilizados como sinônimos, principalmente no âmbito dos resíduos sólidos, onde é comum a confusão entre princípios de gestão e de gerenciamento, os quais devem ser esclarecidos, pois possuem propósitos diferentes (SCHALCH; CASTRO; CÓRDOBA, 2015; LOPES, 2007). No art. 3º a PNRS faz menção ao termo “gestão” atrelado ao conceito de “integração”, estabelecendo o conceito de “gestão integrada de resíduos sólidos”:

conjunto de ações voltadas para busca de soluções dos resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável (PNRS, 2010, p. 1).

Ainda no art. 3º, a PNRS traz o conceito de “gerenciamento de resíduos sólidos”:

conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos (PNRS, 2010, p. 1).

Estes conceitos também já eram mencionados no art. 2º da resolução CONAMA nº 307/2002, porém com a resolução CONAMA nº 448/2012, sua redação foi alterada, pois buscou-se padronizar os conceitos de gestão e gerenciamento dos RCC em relação ao texto estabelecido pela PNRS.

Schalch (2002) estabelece a gestão de resíduos sólidos como o conjunto de propostas, princípios, normas e funções que visam estabelecer o controle de produtividade e manejo desses resíduos. Ainda de acordo com o autor, gerenciamento de resíduos sólidos é o conjunto de ações efetivamente empregadas para atingir os objetivos propostos na gestão.

Diante disto, a gestão de resíduos sólidos tem por finalidade estabelecer diretrizes, metas, e promover os princípios de não geração e minimização de resíduos sólidos. Já o gerenciamento de resíduos sólidos compreende as ações a serem executadas para concretizar tais metas e diretrizes estabelecidas no modelo de gestão dos resíduos sólidos (CÓRDOBA, 2014; NAGALLI, 2014). Em termos de visão sistêmica, a gestão integrada de resíduos sólidos deve articular basicamente três aspectos fundamentais: os arranjos institucionais, os instrumentos legais e os mecanismos de financiamento (CÓRDOBA, 2014).

Após considerar estes aspectos, faz-se necessário a implantação de um modelo de gerenciamento integrado de resíduos sólidos em consonância com o modelo de gestão integrada, o qual deve assegurar a execução, controle e a minimização da geração de resíduos (ASSIS, 2002; MARQUES NETO, 2009).

As soluções para o adequado gerenciamento devem considerar as particularidades de cada classe de resíduos, principalmente quanto aqueles representativos de grandes volumes, os quais provocam maiores impactos ambientais, a exemplo dos RSD e RCC.

No caso dos RCC, Lu e Yuan (2010) consideram que a gestão e o gerenciamento destes resíduos nas economias em desenvolvimento está muito atrasada em comparação com as práticas atuais de alguns países ocidentais, como nos Estados Unidos, Canadá, Reino Unido e Austrália.

No Brasil, o gerenciamento dos RCC segue normas estabelecidas em resoluções e leis das esferas Federal, Estadual e Municipal, que fixam diretrizes, critérios, e procedimentos próprios para seu manejo.

Em termos de hierarquia, tem-se como o mais importante instrumento legal a

Lei Federal 12.305 de 02 de Agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos. De acordo com Franceschi (2017), o diferencial desta lei foi introduzir a responsabilidade compartilhada para reduzir os impactos causados pelos resíduos.

Esta lei trouxe uma nova dinâmica no planejamento e gestão, estabelecendo metas, ações e responsabilidades por todos atores envolvidos na cadeia produtiva geradora de resíduos, incluindo aí os gestores públicos municipais e os geradores privados (OLIVEIRA; GALVÃO JUNIOR, 2016).

Dentre as metas, ações e responsabilidades no âmbito municipal está a obrigatoriedade da elaboração do Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (PMGIRS), contemplando as fases de diagnóstico e prognóstico dos diversos RSU, englobando também os RCC (SCREMIN; CASTILHOS JUNIOR; ROCHA, 2014).

A fase de diagnóstico deve contemplar, no âmbito dos RCC, o total gerado nas obras, reformas e demolições, o volume coletado e transportado, os sistemas adotados para coleta e transporte e a metodologia empregada para destinação e disposição destes resíduos (BERNARDO; GOMES; BRITO, 2016).

De acordo com Silva (2014), além de serem contemplados na PNRS (em função da origem), a gestão e o gerenciamento dos RCC também são disciplinados por meio de resoluções fixadas pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA).

O CONAMA é um conselho representativo de diversos setores do governo e da sociedade civil, tendo como objetivos definir as diretrizes das políticas governamentais para o meio ambiente e os recursos naturais (ABREU, 2016; SCHNEIDER, 2003).

No ano 2002 este conselho criou um marco regulatório específico para o setor de RCC, promulgando a resolução CONAMA nº 307/2002, que definiu as responsabilidades dos geradores, transportadores e das áreas de destinação final.

Em continuidade, foram promulgadas outras resoluções a partir do ano 2004, com o objetivo de aprimorar a gestão dos RCC: 348/2004, 431/2011, 448/2012, e 469/2015 (FARIAS, 2014). A resolução CONAMA nº 307/2002 divide os RCC em quatro classes, as quais podem ser observadas no Quadro 2.

Quadro 2: Classificação dos RCC

CLASSE A	Resíduos reutilizáveis ou recicláveis provenientes de: • construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem • construção, demolição, reformas e reparos de edificações, tais como componentes • processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto
CLASSE B	• Resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeiras e gesso
CLASSE C	• Resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação
CLASSE D	• Resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos, vernizes outros ou aqueles contaminados ou prejudiciais à saúde, oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros bem como telhas e demais objetos e materiais que contenham amianto ou outros produtos nocivos à saúde.

Fonte: CONAMA, 2002.

Além da divisão verificada no Quadro 2, a norma ABNT NBR 10004:2004 enquadra os resíduos provenientes da construção civil como resíduos Classe II B – não perigosos e inertes. Porém, alguns destes resíduos podem apresentar contaminantes em sua composição (resíduos Classe D), resultando em graves impactos ambientais caso sejam dispostos de forma inadequada (MELO et al., 2008; MORAES et al., 2017).

As resoluções CONAMA definem também os principais conceitos norteadores dos RCC, os quais são demonstrados no Quadro 3. Estas resoluções também estabelecem diretrizes, critérios e procedimentos na gestão dos RCC tanto para os gestores públicos quanto para os pequenos e grandes geradores (LIMA, 2012).

Pequenos geradores são as pessoas físicas ou jurídicas que geram uma quantidade máxima estabelecida pelo poder público municipal, normalmente limitado a 1,0 m³ por obra.

Quadro 3: Conceitos empregados na gestão e gerenciamento dos RCC

ITEM	DESCRIÇÃO
Geradores de RCC	peessoas físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, responsáveis por atividades ou empreendimentos que gerem os resíduos
Transportadores	peessoas físicas ou jurídicas, encarregadas da coleta e do transporte dos resíduos entre as fontes geradoras e as áreas de destinação
Agregado reciclado	material granular proveniente do beneficiamento de resíduos de construção que apresentem características técnicas para a aplicação em obras de edificação, de infraestrutura, em aterros sanitários ou outras obras de engenharia
Reutilização	processo de reaplicação de um resíduo sem transformação do mesmo
Reciclagem	processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação
Beneficiamento	ato de submeter um resíduo à operações e/ou processos que tenham por objetivo dotá-los de condições que permitam que sejam utilizados como matéria-prima ou produto
Aterro de resíduos classe A	área tecnicamente adequada onde serão empregadas técnicas de destinação de resíduos da construção civil classe A no solo, visando a reservação de materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro ou futura utilização da área
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,

Fonte: CONAMA, 2002

Os grandes geradores são aqueles que produzem um volume de RCC superior ao máximo estabelecido para os pequenos geradores (LIMA, 2012; MENEZES; PONTES; AFONSO, 2011). Desta forma, são fixados dois instrumentos básicos para a implementação do gerenciamento dos RCC:

- Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil (PMGRCC): deve ser elaborado pelos municípios, o qual deve disciplinar as responsabilidades dos geradores, transportadores e das áreas de destinação em consonância com o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS);
- Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC): deve

ser elaborado pelos grandes geradores, devendo estabelecer os procedimentos necessários para o manejo e destinação ambientalmente adequados dos resíduos.

Desta forma, apesar da responsabilidade dos geradores e transportadores dos RCC, cabe ao poder público criar as condições necessárias para o gerenciamento adequado destes resíduos, sendo os municípios responsáveis pela gestão e destinação ambientalmente correta dos RCC, buscando a efetiva redução de seus impactos ambientais (BRASILEIRO; MATTOS, 2015). De acordo com o art. 6º da Resolução CONAMA 307/2002, o PMGRCC deve conter os seguintes itens:

- diretrizes técnicas e procedimentos para o exercício das responsabilidades dos pequenos geradores, em conformidade com os critérios técnicos do sistema de limpeza urbana local, e para os Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil a serem elaborados pelos grandes geradores, possibilitando o exercício das responsabilidades de todos os geradores;
- cadastramento de áreas, públicas ou privadas, aptas para recebimento, triagem e armazenamento temporário de pequenos volumes, em conformidade com o porte da área urbana municipal, possibilitando a destinação posterior dos resíduos oriundos de pequenos geradores às áreas de beneficiamento;
- estabelecimento de processos de licenciamento para as áreas de beneficiamento e reservação de resíduos e de disposição final de rejeitos;
- a proibição da disposição dos resíduos de construção em áreas não licenciadas;
- incentivo à reinserção dos resíduos reutilizáveis ou reciclados no ciclo produtivo;
- definição de critérios para o cadastramento de transportadores;
- ações de orientação, de fiscalização e de controle dos agentes envolvidos;
- ações educativas visando reduzir a geração de resíduos e possibilitar a sua segregação.

Para os grandes geradores, no momento da elaboração de seus planos, cabe

a seguinte observação: os PGRCC de empreendimentos dispensados de licenciamento ambiental deverão ser submetidos diretamente ao órgão municipal competente para avaliação em conformidade com o PMGRCC. Já para as obras sujeitas ao licenciamento ambiental, deverão ser submetidos aos órgãos de licenciamento competentes, que no caso do estado de São Paulo é a CETESB.

Na elaboração do PGRCC deverão ser contempladas as etapas estabelecidas no art. 9º da Resolução CONAMA 307/2002 a saber:

- caracterização: nesta etapa o gerador deverá identificar e quantificar os resíduos;
- triagem: deverá ser realizada, preferencialmente, pelo gerador na origem, ou ser realizada nas áreas de destinação licenciadas para essa finalidade, respeitadas as classes de resíduos;
- acondicionamento: o gerador deve garantir o confinamento dos resíduos após a geração até a etapa de transporte, assegurando em todos os casos em que seja possível, as condições de reutilização e de reciclagem;
- transporte: deverá ser realizado em conformidade com as etapas anteriores e de acordo com as normas técnicas vigentes para o transporte de resíduos;
- destinação: deverá ser prevista de acordo com o estabelecido no PMGRCC.

As Resoluções CONAMA normatizam também a destinação e aplicação dos RCC, considerando sempre a importância dos conceitos de reutilização, reciclagem e disposição final adequada dos resíduos.

A destinação e aplicação dos materiais é dada em função das quatro classes de resíduos, segundo seu grau de periculosidade e da viabilidade técnica e econômica de reuso e reciclagem (AMORIM, 2016; EVANGELISTA et al., 2010, PINTO, 1999). Na Tabela 2 são apresentados os principais materiais, seus destinos e aplicações.

No ano 2004 a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) criou um conjunto de normas visando padronizar o manejo dos RCC as quais podem ser verificadas na Tabela 3. Estas normas envolvem as diretrizes para implantação de áreas de transbordo e triagem, de aterros de inertes e de reciclagem dos RCC, além de procedimentos para a execução da pavimentação com agregados reciclados e

produção de concreto sem função estrutural.

Tabela 2: Destinação e aplicação dos RCC

CLASSE	MATERIAIS	DESTINAÇÃO	APLICAÇÃO
A	- Argamassa - Areia - Concreto - Concreto armado	Reutilizar ou reciclar na forma de agregados ou encaminhados a aterro de resíduos Classe A, de reservação de material para uso futuro	Após a trituração podem ser empregados na produção de argamassa e concreto não estrutural.
	- Blocos de concreto - Pedras - Rochas - Tijolos - Blocos cerâmicos - Telhas - Pisos cerâmicos - Placas de revestimento - Solos de escavação		Após o beneficiamento podem ser empregados na regularização de estradas rurais, enchimento de valas e cobertura de aterro
B	- Embalagens e tubos plásticos - Embalagens de papel - Ebalagens de papelão - Saco de cimento - Vidros - Sucata de ferro - Latas de tinta vazias	Reutilizar, reciclar ou encaminhar para áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos a permitir a sua utilização ou reciclagem futura	Após segregação, reutilizar ou encaminhar para indústria de reciclagem
	- Madeira - Caibros - Pallets		Reutilização ou emprego na produção de biomassa
	Gesso		Reciclagem a partir de mecanismo de logística reversa com indústria que utiliza este componente ou na agricultura
C	- Lixa - Forros c/ lâ de vidro	Armazenar, transportar e destinar em conformidade com as normas técnicas de cada produto	Sua disposição final deve ser em Aterro Classe I
D	- Tintas - Vernizes - Telhas com amianto - Óleos e graxas	Armazenar, transportar e destinar em conformidade com as normas técnicas de cada produto	Sua disposição final deve ser em Aterro Classe I

Fonte: Adaptado de CONAMA, 2002; SMA, 2012; SINDUSCON/SP, 2012

De acordo com a CETESB (2018), as unidades de ATT, Aterros de resíduos Classe A e Usinas de reciclagem são consideradas áreas potencialmente poluidoras. Desta forma, além dos critérios estabelecidos nas ABNTs, deve-se observar no momento da análise de viabilidade ambiental destas unidades os critérios junto ao

órgão estadual responsável pelo licenciamento ambiental.

Tabela 3: Normas ABNT orientadas aos RCC

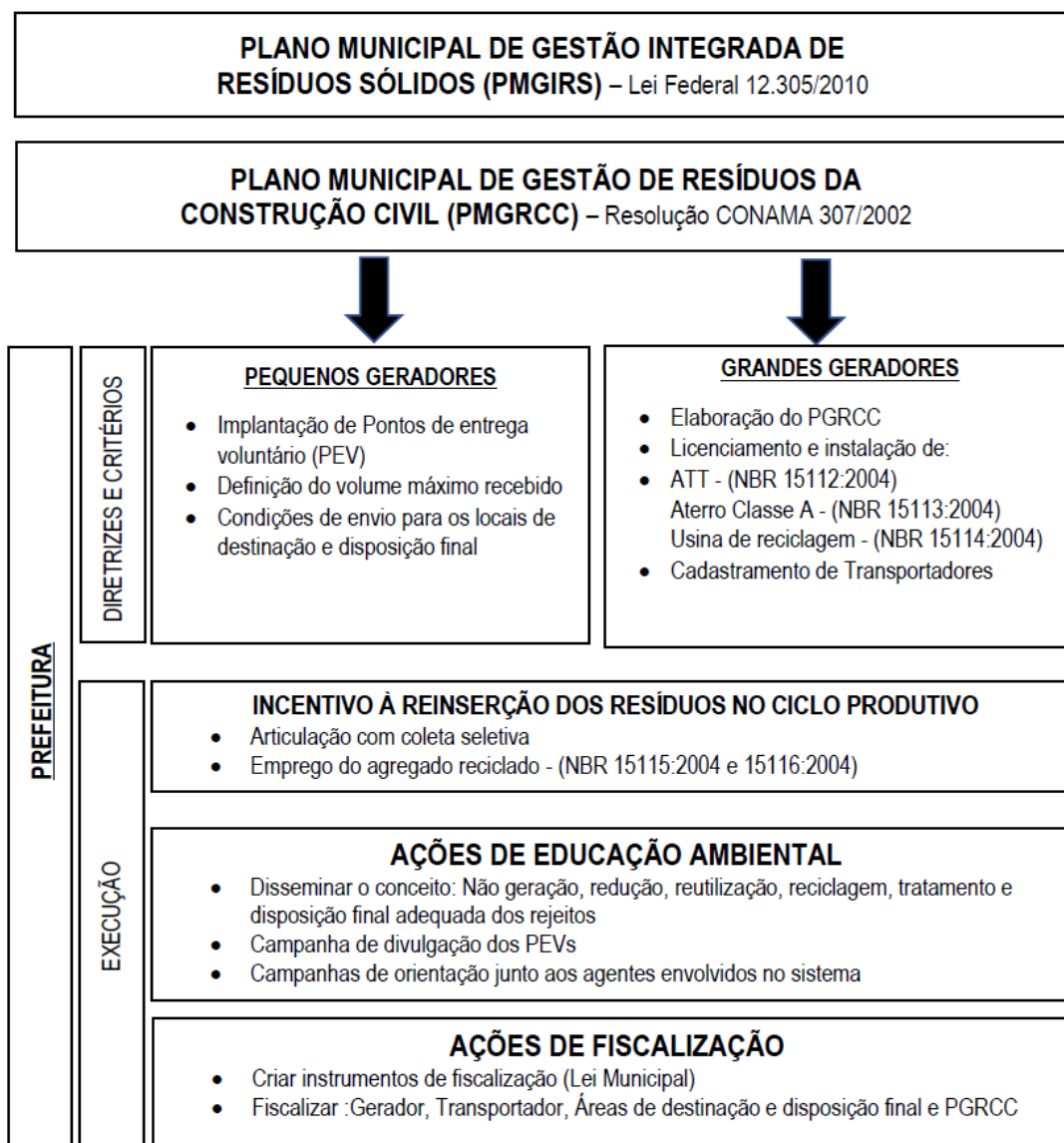
Norma ABNT	Aplicação	Objetivo
15112:2004	Área de Transbordo e Triagem (ATT)	Definição de critérios para licenciamento, projeto, implantação e operação
15113:2004	Aterro de resíduos Classe A	Definição de critérios para licenciamento, projeto, implantação, operação e monitoramento.
15114:2004	Áreas de Reciclagem	Definição de critérios para licenciamento, projeto, implantação e operação
15115:2004	Agregado Reciclado	Definição dos critérios para emprego dos agregados reciclados em base e sub-base de vias
15116:2004	Agregado Reciclado	Definição de critérios para emprego dos agregados reciclados em pavimentação e produção de concreto sem função estrutural

Fonte: ABNT, 2004.

2.3.2 Estrutura do Plano Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PMGRCC)

Na Figura 3 é identificada a estrutura básica para elaboração do PMGRCC pelo poder público municipal considerando as leis, resoluções e normas que disciplinam o setor. Ao elaborar o PMGRCC, o município deve propiciar as condições adequadas para o fluxo dos resíduos, desde a fonte geradora até o ponto de destinação e disposição final.

Para isto, deverá considerar as seguintes premissas: facilitar o correto descarte dos RCC, disciplinar o fluxo dos resíduos, dos agentes envolvidos e incentivar a segregação, reciclagem e reinserção dos RCC à cadeia da construção civil (FERNANDES, 2013; MMA, 2005).

Figura 3: Estrutura do PMGRCC

Fonte: Adaptado de MMA, 2005.

Fialho (2011) destaca que no PMGRCC é necessário estar claro o papel do poder público municipal, estabelecendo as diretrizes e critérios para os pequenos e grandes geradores.

O poder público municipal deverá verificar a hierarquia do arcabouço legal e instituir regulamentos, por meio de Lei municipal, para definir as diretrizes e critérios para os pequenos e para os grandes geradores. Quanto aos pequenos geradores deve considerar o cadastramento e instalação de Pontos de Entrega Voluntária (PEVs) - Ecopontos, considerando de acordo com o MMA (2005) e SINDUSCON/SP (2015) as seguintes premissas:

- a) A capacidade de deslocamento dos pequenos coletores (equipados com carrinhos, carroças e outros veículos de pequeno porte);
- b) Os pontos de entrega voluntária devem ocupar áreas públicas ou áreas privadas cedidas em parceria, ou ainda, áreas alugadas ou arrendadas, garantindo espaços de manobra dos veículos;
- c) Aproveitar desnível existente, ou criar um platô, para que a descarga dos resíduos pesados seja feita diretamente no interior de caçambas metálicas estacionárias;
- d) Preparar placa, totem ou outro dispositivo de sinalização que informe à população do entorno e aos eventuais passantes sobre a finalidade dessa instalação pública, como local correto para o descarte do RCC e dos resíduos volumosos.
- e) Instalação de uma pequena guarita, com sanitário para facilitar a presença contínua de um funcionário e o isolamento do local;
- f) Estabelecer limite para o volume máximo das cargas individuais de resíduos que possam ser recebidos gratuitamente na unidade. Em diversos municípios, a prática considera como pequeno volume as quantidades limitadas a 1,0 m³;
- g) Proibição do descarte de resíduos orgânicos domiciliares, de resíduos industriais e de resíduos dos serviços de saúde;
- h) Prover locais para armazenamento segregado dos resíduos.

As premissas dos PEVs podem variar em função da dimensão territorial e populacional de cada localidade. Porém, é primordial que sejam criadas as condições apropriadas para o transporte (a ser realizado pelo serviço público de limpeza) dos resíduos dos PEVs para os pontos de destinação e disposição final dos RCC.

Para articulação com os agentes privados (grandes geradores) o MMA (2005) e SINDUSCON/SP (2015) estabelecem as seguintes premissas:

- a) Substituir os locais de bota-fora e descarte clandestinos por:
 - Áreas de Transbordo e Triagem (ATT);
 - Aterros de resíduos Classe A;
 - Usinas de reciclagem.

- b) O município deve cadastrar áreas apropriadas, respeitando as condições de uso e ocupação do solo e verificar as condições para o licenciamento ambiental das instalações citadas no item “a”;
- c) As áreas destinadas ao processamento de grandes volumes de RCC podem ser públicas ou privadas;
- d) Garantir a participação ativa dos grandes geradores e transportadores, por meio de convênios, e que os custos decorrentes do manejo dos resíduos sejam transparentes e adequadamente repassados aos agentes econômicos efetivamente responsáveis por sua geração.
- e) Cadastrar os agentes coletores de entulhos, com impedimento à atuação de coletores não regulares;
- f) Tornar obrigatório o descarte dos resíduos de grandes volumes exclusivamente nas instalações licenciadas, impedindo a operação de botaforas;
- g) Tornar obrigatória a destinação adequada da totalidade dos resíduos resultantes das operações nas áreas de triagem.

Nas ATTs, de acordo com MMA (2005) e o SINDUSCON/SP (2015) devem ser considerados:

- a) controle qualitativo e quantitativo de resíduos recebidos e transferidos por meio do Certificado de Transporte de Resíduos (CTR);
- b) recepção apenas de resíduos da construção civil e resíduos volumosos;
- c) triagem integral dos resíduos aceitos;
- d) evitar o acúmulo de material não triado;
- e) destinação adequada dos resíduos e rejeitos resultantes da triagem;
- f) sistema de controle de poeiras e ruídos.

Nos Aterros de resíduos Classe A devem ser considerados:

- a) somente devem ser recebidos no aterro os resíduos da construção civil e os resíduos inertes;
- b) os resíduos aceitos devem ser previamente triados, na fonte geradora, em áreas de transbordo e triagem, ou em área de triagem estabelecida

no próprio aterro, de modo que nele sejam dispostos apenas os resíduos de construção civil classe A ou resíduos inertes;

- c) deve ser mantido na instalação, até o fim da vida útil e no período de pós-fechamento, os Controles de Transporte de Resíduos (CTR), um registro da descrição e da quantidade de cada resíduo recebido, a data de disposição e no caso de reservação de resíduos, a indicação do setor onde o resíduo foi disposto.

Ainda de acordo com o MMA (2005) e SINDUSCON/SP (2015), as Usinas de Reciclagem devem operar seguindo os seguintes critérios:

- a) somente podem ser aceitos na área de reciclagem os resíduos da construção civil classe A;
- b) os resíduos recebidos devem ser previamente triados na fonte geradora, em áreas de transbordo e triagem ou na própria área de reciclagem, de modo que nela sejam reciclados apenas os resíduos de construção civil classe A;
- c) a área de triagem, se estabelecida na própria instalação, deve estar em conformidade com a NBR 15112/2004;
- d) os equipamentos e a instalação devem ser dotados de sistemas de controle de vibrações, ruídos e poluentes atmosféricos;
- e) deve ser exigido o controle de entrada dos resíduos recebidos, a descrição dos resíduos rejeitados e sua destinação, a descrição e destinação dos resíduos reciclados e o controle da qualidade dos produtos gerados;
- f) os operadores devem manter os CTR recebidos e emitidos para eventual apresentação de relatório.

Além destas premissas o poder público deve incentivar a reciclagem de RCC, usando o poder de compra da administração para estabelecer o consumo preferencial de materiais reciclados, comprovadamente de boa qualidade, principalmente em obras de infraestrutura. Além disto, deve-se criar as condições para integrar os demais resíduos (classe B) à indústria de reciclagem (PNRS, 2010).

Finalizando, as ações de educação ambiental devem estar em consonância

com o planejamento previsto do PMGIRS, no que tange os RCC, buscando a orientação, treinamento, disseminação e conscientização de cada agente envolvido no sistema de gestão destes resíduos (CONAMA, 2012).

Ainda de acordo com a Resolução nº 448/2012, após a implantação do Plano, o poder público deve por meio do arcabouço legal, instituir as ações de fiscalização dos agentes participantes do processo, verificando as condições de geração, coleta, do transporte, das áreas de destinação e disposição final, dos pontos de descarte irregular e acima de tudo, inspecionar se os PGRCC dos grandes geradores estão sendo cumpridos conforme os critérios previamente estabelecidos.

A próxima seção inicia a revisão de literatura sobre mapeamento e modelagem de processos destacando as características da gestão por processos, as técnicas de mapeamento, notação e modelagem.

2.4 Gestão, mapeamento e modelagem de processos

O processo é um elemento essencial no mapeamento e modelagem de negócios de qualquer natureza. A literatura sobre gestão apresenta várias abordagens sobre os conceitos de processo e processos de negócios.

Processo pode ser caracterizado como um grupo de atividades realizadas numa sequência lógica com o objetivo de produzir um bem ou um serviço com valor para um grupo de clientes (HAMMER e CHAMPY, 1994). Também é definido como qualquer atividade ou conjunto de atividades que apresenta uma sequência, com uma entrada de recursos resultando em uma saída de produtos ou serviços (CAMPOS, 2014; JESTON, 2014).

Davenport (2015) conceitua processo como um conjunto de atividades estruturadas e medidas, que por meio de *inputs* e *outputs*, transforma insumos, resultando em um produto específico para o cliente ou mercado. De acordo com Cruz (2014), trata-se de um conjunto de elementos que guiam grupos ou indivíduos, entre o início e fim de um trabalho específico, ou ainda, um conjunto de atividades dentro de uma organização com o objetivo de atingir metas previamente definidas.

A Norma ISO 9000, publicada pela ABNT (2005), que determina um grupo de normas técnicas que estabelecem um modelo de gestão da qualidade para as

organizações, define que qualquer atividade, ou conjunto de atividades, que usa recursos para transformar entradas (materiais, energia e informação) em saídas (na forma de produtos ou novos insumos) pode ser considerado um processo.

O termo "negócio", conforme utilizado no BPM CBOK (2013), refere-se a pessoas que interagem para executar um conjunto de atividades de entrega de valor agregado para os clientes gerando retorno às partes interessadas. "Negócio" abrange todos os tipos de organizações com ou sem fins lucrativos, públicas ou privadas, de qualquer porte e segmento (CAPOTE, 2013).

De acordo com Baldam, Valle e Rozenfeld (2014), o termo "processo de negócios" está relacionado com o funcionamento da organização, buscando identificar a contribuição de cada processo no valor agregado ao produto. Os autores destacam que o termo tomou forma nas organizações do setor de serviços como paralelo ao termo "processo de fabricação", empregado pelas organizações industriais, porém são empregados nos dois setores.

Os processos de negócios são uma maneira eficaz de gerir uma organização, em qualquer nível, por meio de um conjunto completo de atividades ou tarefas que devem ser executados para apoiar os objetivos globais da empresa. Alguns autores, a exemplo de Marjanovic e Seethamraju (2009) e Strnadl (2006), consideram os processos de negócios o ativo mais valioso para as empresas e, conseqüentemente, são necessários o emprego de novos métodos e recursos orientados para sua melhoria.

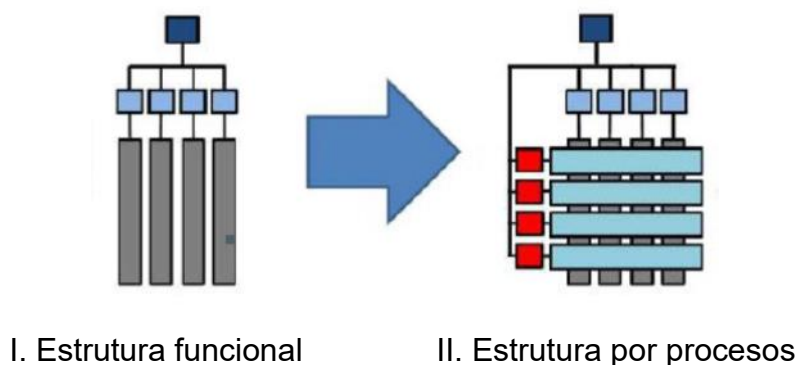
De acordo com Gonçalves (2000) e Rôglinger, Pöppelbuß e Becker (2012), é essencial que as organizações tenham entendimento dos seus processos de negócios, o que possibilita obter sua integração, objetivando maximizar seu resultado e a geração de valor. Este entendimento é a essência da gestão por processos nas organizações.

2.5 Gestão por processos

A "Gestão por processos", adotada por um número cada vez maior de empresas, é uma forma avançada e decorrente da prática de "Gestão de processo de negócios", onde a organização adota como estrutura de gestão o resultado dos seus processos de negócio (estrutura horizontal), dissolvendo gradativamente as estruturas

funcionais clássicas (estrutura vertical) (CAPOTE, 2013; CAVALCANTI, 2017). Na Figura 4 são demonstrados os dois modelos de estrutura de gestão comentados.

Figura 4: Estrutura de gestão funcional (vertical) e estrutura por processo (horizontal)



Fonte: BPM CBOK, 2013.

Para Sordi (2014), na estrutura funcional (observada no organograma I da Figura 4), as pessoas são distribuídas por departamentos, com reduzido poder de decisão, sendo que de acordo com Capote (2013, p. 177), este modelo resulta em tempos maiores na tomada de decisão:

As organizações geridas por estruturas funcionais clássicas são adeptas das divisões de trabalho baseado na especialização. Este tipo de estrutura se sustenta por meio de hierarquias simples e com grande capacidade de coordenação, porém, devido ao alto grau de relacionamento e dependência na tomada de decisão, o seu tempo de resposta às necessidades de mudança pode ser seriamente comprometido.

Na estrutura por processos (organograma II da Figura 4), as equipes de trabalho são formadas por profissionais de diferentes perfis e habilidades, e desta forma, cada profissional está vinculado a diferentes processos, aumentando sua autonomia:

A gestão por processos de negócios, por deslocar a gestão funcional – verticalizada – para uma administração direcionada ao cliente final e gerida por processos, cria princípios de autonomia gerencial nos executores dos processos, tornando-os mais produtivos, mais qualificados e com menores custos operacionais. Essa nova visão de gestão desloca o poder de decisão, dos tradicionais níveis hierárquicos (superiores) para os próprios executores (SORDI, 2014, p. 81).

Capote (2013) destaca que para uma organização comprovar que tem sua gestão aplicada por processos é preciso essencialmente realizar de forma

estruturada, continua e institucionalizada, todo o ciclo do *Business Process Management* – BPM (demonstrado na Figura 5), orientando também as questões de responsabilidades e cargos aos processos de negócios.

2.6 Gestão de Processos de Negócio (BPM)

O *Business Process Management* (BPM) ou Gestão de Processos de Negócio, é uma metodologia que possui um conjunto de ferramentas que visa um melhor controle organizacional (BALDAM, 2009). Engloba todas as atividades como: identificação, definição, análise, execução, monitoramento, avaliação e a melhoria contínua dos processos de negócio (ROHLOFF, 2010).

O BPM surgiu nos Estados Unidos para suprir uma lacuna existente no campo da gestão de processos organizacionais (internamente e externamente), com base na visão por processos, agregando métodos e técnicas para suporte ao planejamento, gerenciamento e análise, promovendo a melhoria contínua dos processos de negócios (BALDAM, 2009; JESTON, 2014; HAMMER, 2015).

O BPM CBOK, principal manual de referências sobre aplicação do BPM identifica esta ferramenta como uma disciplina de gerenciamento e um conjunto de tecnologias que provê suporte ao gerenciamento por processos, convergência de tecnologias de fluxo de trabalho, integração de aplicações corporativas, gerenciamento de documentos e conteúdos, gerenciamento de regras de negócio, gerenciamento de desempenho e lógica, apresentadas com foco no suporte ao gerenciamento baseado em processos.

De acordo com o BPM CBOK (2013), o BPM é composto por nove áreas específicas de conhecimento:

- Gerenciamento de processos
- Modelagem de processos
- Análise de processos
- Desenho de processos
- Gerenciamento de desempenho
- Transformação de processos
- Organização de processos

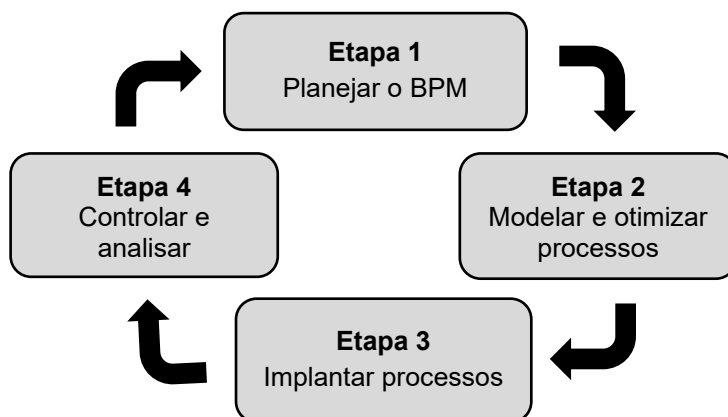
- Gerenciamento de processos corporativos
- Tecnologias de gerenciamento de processos

No BPM a visão da operação é iniciada em um nível mais alto do que o nível que executa o trabalho e então, subdivide-se em subprocessos, que devem ser realizados por uma ou mais atividades e fluxos de trabalho (ABPMP, 2013; JESTON; NELIS, 2014).

Baldam (2009) destaca que por se tratar de uma atividade essencialmente humana, o BPM pode apresentar diversos formatos aplicáveis com sucesso nas organizações. O autor destaca que é difícil prever se um modelo “esquematizado” funcionará perfeitamente, pois o alcance dos resultados conforme planejado, dependerá diretamente de quem o implantou e de seus usuários.

A literatura que trata sobre o gerenciamento de processos via BPM propõe vários modelos de implantação apresentando como característica principal a forma cíclica, isto é, contém uma série de ações que se repetem em uma espiral contínua de melhorias e aprimoramento (BPM CBOK, 2013; WESKE; AALST; VERBEEK, 2004). Após a análise minuciosa de várias propostas de implementação do ciclo BPM, Baldam (2009), constatou uma correlação de diversas atividades entre cada modelo. Diante desta correlação, o autor propôs um ciclo de gerenciamento BPM composto por 4 etapas, as quais são observadas na Figura 5.

Figura 5: Ciclo do BPM



Fonte: Adaptado de Baldam, 2009.

Em seguida, são detalhadas as etapas do ciclo proposto pelo autor, com destaque para a Etapa 2 – modelar e otimizar processos, que é o foco desta tese.

Etapa 1 - Planejar o BPM: Definição do plano de ação que compõe as atividades de BPM que contribuirão para o alcance das metas da organização:

- entender o ambiente externo e interno, estabelecendo estratégias para mudanças;
- atualização do manual de processos;
- definição de planos de ação para implantação;
- selecionar e priorizar processos, verificando os pontos de falhas e quais são os processos chave da organização;
- formar equipes de trabalho para processos de modelagem;

Etapa 2 - Modelar e otimizar processos: atividades que permitem gerar informações sobre como o processo é desenvolvido atualmente (*As-Is*) e proposição do processo futuro (*To-Be*). As principais atividades que compõem esta etapa são:

- modelar os processos na situação atual, que inclui:
 - compreender os processos atuais e seu modo de atuação, falhas, desejos, etc.;
 - documentar os processos; prover dados de integração entre processos para fins de TI, qualidade e outros;
- quando necessário e possível, comparar o modelo com melhores práticas e *benchmarking*;
- definir e priorizar soluções para os problemas atuais;
- modelar os processos na situação futura, que inclui:
 - empregar metodologias para otimizar os processos;
 - fazer simulações, inovações e redesenhos;
 - definir mudanças nos novos processos;
 - adotar as melhores práticas e modelos de referência;
- gerar especificações para a implantação (caso o processo ainda não esteja em uso), para execução e para controle;
- realimentar o planejamento do BPM.

Etapa 3 - Implementar processos: Atividades que garantirão a implementação e a execução dos processos:

- coordenar o ajuste de equipamentos e *softwares*;
- coordenar os testes e/ou piloto da solução;
- realizar mudanças ou ajustes de curto prazo;
- estabelecer critérios de fornecimento de dados para controle e análise dos resultados.

Etapa 4 - Controlar e analisar processos: atividades relacionadas ao controle geral do processo implantado por meio de indicadores que posteriormente permitem a sua reavaliação e propostas de mudanças cabíveis.

Segundo o BPM CBOK, a implementação completa das etapas do ciclo BPM demanda uma mudança radical da organização:

O gerenciamento ponta a ponta de um grande número de processos de negócio ao longo de fronteiras funcionais introduz um novo paradigma. Novos papéis centrados no gerenciamento ponta a ponta devem interagir com o gerenciamento funcional. Essa mudança altera a governança de estrutura tradicional sob o modo como as organizações tomam decisões e a forma como os recursos são alocados. Uma mudança desse tipo em uma organização pode levar anos e requer planejamento, disciplina e perseverança. A decisão de implementar a disciplina de BPM de forma ampla deve ser vista como um movimento estratégico e contar com o envolvimento e comprometimento dos diversos níveis da organização – desde a liderança executiva que define e apoia a prática de BPM, passando pela camada de gestão funcional até as equipes funcionais que, frequentemente, devem trabalhar em equipes ampliadas e até mesmo virtuais para assegurar a entrega de valor para o cliente (BPM CBOK, 2013, p. 64).

Jeston e Nelis (2014) destacam que o sucesso da implantação do ciclo integral do BPM depende diretamente do comprometimento corporativo da organização, isto é, sua aplicação torna-se inviável se a visão for de implantação por departamentos isolados. Rosemann e Brocke (2015) complementam esta visão destacando que é comum as organizações tentarem implementar BPM a partir do nível operacional ou de determinada área funcional, sem se preocupar com a mudança cultural. Como consequência, a experiência mostra que sem um amplo comprometimento organizacional, a implementação integral do ciclo de BPM e seus benefícios são

improváveis de ocorrer (SCHMIEDEL; BROCKE; RECKER, 2015; CAVALCANTI, 2017).

Conforme comentado anteriormente, o objetivo desta tese está centrado na etapa 2 do ciclo de BPM, que aborda a modelagem de processos no gerenciamento municipal de RCC. Trata-se de um estudo focado em processos administrados por uma organização pública da esfera municipal, onde a dificuldade em alcançar comprometimento organizacional é maior, prejudicando a implementação total do ciclo de gerenciamento de processos.

De acordo com Nogueira, Gonçalves e Campos (2018), o emprego do BPM no setor privado encontra-se em um estágio mais avançado, porém, seu uso e estudo nas organizações públicas ainda são incipientes, já que há de se considerar neste caso o ambiente burocrático e relativamente menos flexível.

Diante do exposto, para implementação do ciclo completo no processo de gerenciamento municipal dos RCC, é necessário uma mudança radical de paradigmas dos gestores públicos locais, o que demandaria esforço político além de mudanças na visão técnica, situação esta difícil de ser alcançada no momento, o que justifica o foco somente na modelagem.

2.7 Modelagem e mapeamento de processos

O mapeamento e a modelagem de processos são atividades de fundamental importância para o aprimoramento de qualquer sistema de gestão por processos. Com a revisão da literatura sobre os dois termos, pode-se elucidar de forma clara como cada conceito foi empregado para atingir os objetivos da modelagem de processos nesta tese.

De acordo com Dutra (2015, p. 27) “não existe um consenso da literatura sobre a diferenciação entre mapeamento e modelagem, sendo que muitas vezes os termos são tratados de forma similar”. Pavani Júnior e Scucuglia (2011) consideraram os dois termos como sinônimos quando publicaram o livro Mapeamento e Gestão por Processos – BPM.

Para Costa e Politano (2008), os dois conceitos tratam de abstrações da realidade e às vezes são citados na literatura como modelos de sistemas. Segundo

Slack et al. (2008), o mapeamento ou a modelagem envolve descrever as atividades que compõem o processo de negócios, relacionando as atividades entre si.

As empresas que optam por implantar a gestão por processos necessitam analisar, medir e monitorar de forma eficaz suas atividades. A modelagem de processos é a ferramenta que se enquadra neste quesito, pois sua aplicação resulta em conhecimento aprofundado sobre a empresa, resultando na identificação e análise das melhorias necessárias (IRITANI et al., 2015; MÜCKENBERGER et al. 2012; RODRIGUES, 2015).

Na concepção de Pavani Júnior e Scucuglia (2011) e Oliveira e Almeida Neto (2009), a modelagem está ligada ao conceito de representação gráfica dos processos da organização a ponto de ser compreensível aos seus usuários. Segundo Barbará (2011), a modelagem de processos compreende as etapas de identificação e mapeamento principalmente dos processos-chave das organizações, com o objetivo de integrá-los de modo que funcionem de forma harmônica, objetiva e eficiente.

Pradella e Wendt (2011) e Oliveira e Almeida Neto (2009) consideram que a técnica de modelagem de processos compreende as etapas de identificação, mapeamento, análise e redesenho de processos, considerando os seguintes objetivos:

- compreensão do funcionamento da organização;
- conversão do conhecimento tácito para explícito;
- otimização do fluxo de informações;
- subsidiar a reestruturação da organização;
- entendimento, aprendizado, documentação e melhoria.

Por este raciocínio, os autores mencionados consideram que o mapeamento é uma etapa da modelagem de processos. Ribeiro (2015) complementa este raciocínio definindo a modelagem como uma das etapas do ciclo BPM e o mapeamento uma das etapas da modelagem.

A implementação da modelagem em uma organização visa, além de identificar o “estado atual” dos processos, projetar um estado de “situação futura”, ou “estado desejado” de seus processos (HITPASS, 2014; LAGUNA; MARKLUND, 2018). Desta

forma, de acordo com os autores, a modelagem de processos é realizada em dois estágios distintos:

- Modelagem (*As-Is*)
- Modelagem (*To-Be*)

Fischer (2013) define que na modelagem (*As-Is*) é obtida a formalização do fluxo do processo evidenciando como este é realizado na situação atual. Por meio desta ferramenta é possível identificar o estado atual para tornar possível a análise do processo com objetivo de implementar futuras melhorias. Nesta etapa são utilizadas todas informações disponíveis na organização, tais como planos estratégicos e medições anteriores de indicadores (CAMPOS, 2014).

A análise (*As-Is*) possibilita a criação de um ambiente de discussão entre as partes envolvidas de forma a melhorar o processo em questão, inová-lo ou mesmo questionar se ele, de fato, agrega valor à organização (BALDAM; VALLE; ROZENFELD, 2014).

De acordo com Laguna e Marklund (2018), a modelagem (*To-Be*) é uma evolução da modelagem (*As-Is*), no qual são reavaliados os processos, ou seja, nesta fase obtem-se a “situação desejada”, buscando-se através de melhorias a maior eficiência na sua execução.

Este tipo de modelagem é empregado na concepção de um novo processo ou na introdução de melhorias docorrentes de processos já modelados (AMARILLA, 2013; PAVANI JÚNIOR; SCUCUGLIA, 2011). Para modelar qualquer um dos estágios são empregadas técnicas específicas, amplamente discutidas na literatura, que serão abordadas na seção 2.9.

Como destacado anteriormente, é importante definir o conceito de mapeamento de processos, que configura como uma das etapas da modelagem de processos. O mapeamento está ligado diretamente com a identificação das atividades que ocorrem dentro de um processo específico. É uma técnica que transcreve, na forma de fluxos e desenhos, um processo ou uma série de atividades (SOUZA, 2014).

Dutra (2005) considera que o mapeamento engloba a investigação de todo o escopo do processo, compreendendo suas métricas, benefícios para a organização, identificação dos atores, clientes e fornecedores, limitações operacionais e os problemas

atuais. Slack et al. (2008) afirmam que existem várias técnicas para mapeamento de processos, mas todas apresentam duas características em comum:

- a) Identificar as atividades que ocorrem no processo;
- b) Mostrar a sequência de atividades que os materiais, pessoas e informação passam ao longo do processo.

De acordo com os autores Lobato e Lima (2010), Mello (2008) e Martinhão Filho e Souza (2006), a literatura apresenta algumas técnicas de mapeamento com diferentes enfoques, podendo ser utilizadas individualmente ou em conjunto, dependendo do que se pretende mapear. De acordo com os autores, algumas das principais técnicas podem ser observadas a seguir:

- *Blueprinting*: representa um fluxograma de todas as transações integrantes do processo de prestação de serviço, por meio de uma “linha de visibilidade”, onde são divididas em atividades de contato direto e indireto com o cliente;
- Fluxograma: técnica que permite o registro de ações de algum tipo e pontos de tomada de decisão que ocorrem no fluxo real;
- Mapofluxograma: é um fluxograma desenhado sobre a planta de um edifício ou layout para visualizar melhor o processo;
- SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output, Customer*): traduzido para português – fornecedores, entradas, processos, saídas e clientes, é uma ferramenta usada para identificar de forma clara um processo, o fornecedor, o cliente, as entradas e suas saídas.

De acordo com Lobato e Lima (2010) e Mello (2008), na técnica SIPOC, fornecedor é aquele que propicia as entradas necessárias, podendo ser interno ou externo; entrada é o que será transformado na execução do processo; processo é a representação esquemática da sequência das atividades que levam a um resultado esperado; saída é o produto ou serviço como solicitado pelo cliente; cliente é quem recebe o produto ou serviço.

Mello (2008) reforça que esta técnica melhora a visão sobre o escopo do processo, mostrando os *inputs* necessários para o início do processo de implementação de novos projetos e quais são *outputs* esperados após o processo finalizado. Um exemplo de formulário SIPOC para aplicação em mapeamentos é

ilustrado na Figura 6. Simon (2001) aponta os passos para aplicar o diagrama SIPOC no mapeamento:

- Identificar o processo;
- Identificar as produções deste processo;
- Identificar os clientes que receberão o produto deste processo;
- Identificar as contribuições (*inputs*) requeridas para o processo funcionar corretamente;
- Identificar os provedores (fornecedores) das contribuições que são requeridas pelo processo.

Figura 6: Formulário SIPOC para mapeamento de processos

Fornecedores	Entradas	Processo	Saídas	Clientes
_____	_____		_____	_____
_____	_____		_____	_____
_____	_____		_____	_____
_____	_____		_____	_____
_____	_____		_____	_____

Passos do Processo

```

graph LR
    A[ ] --> B[ ]
    B --> C[ ]
    C --> D[ ]
    D --> E[ ]
  
```

Fonte: Petenate, 2012.

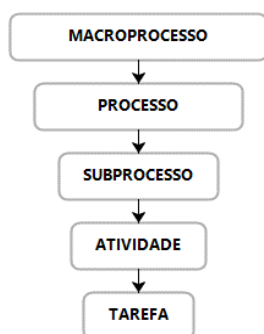
Pavani Júnior e Scucuglia (2011) destacam que independente da técnica escolhida deve-se dar atenção devida quanto a coleta dos dados, que segundo os autores, pode ser por meio da observação direta, workshops estruturados, videoconferência e entrevistas. Na etapa de entrevista o responsável pelo mapeamento deverá criar um protocolo de coleta de dados e principalmente conhecer, por meio de análise prévia de documentos, o funcionamento básico do processo (CAMPOS, 2014).

2.8 Hierarquia de processos

Os processos podem ser definidos hierarquicamente de acordo com a Figura 7 e reduzidos em estruturas com maior grau de detalhamento. Em seguida, tem-se a definição para cada nível da hierarquia de acordo com Baldam, Valle e

Rozenfeld (2014) e CNMP (2013).

Figura 7: Hierarquia de processos



Fonte: adaptado do CNMP, 2013.

- **Macroprocesso:** Conjunto de processos pelos quais a instituição cumpre a sua missão. Correspondem às funções da organização que devem estar alinhadas aos objetivos de suas unidades organizacionais. É o maior nível de processo dentro de uma organização;
- **Processo:** Utilizando a definição da norma ABNT NBR ISO 9000:2005, é um conjunto de atividades inter-relacionadas ou interativas que transforma insumos (entradas) em serviços/produtos (saídas);
- **Subprocesso:** é um conjunto de atividades correlacionadas que executa uma parte específica de um processo. São os processos em um nível maior de detalhamento;
- **Atividade:** operação ou conjunto de operações de média complexidade que ocorrem dentro de um processo desempenhadas por uma unidade organizacional determinada e que produz um resultado específico;
- **Tarefa:** conjunto de trabalhos a serem executados, envolvendo rotina, dificuldades, esforço ou prazo determinado. É o nível imediatamente inferior a uma atividade.

2.9 Técnicas de modelagem de processos

Após a fase de mapeamento é necessário determinar uma técnica de modelagem para expressar na forma gráfica e lógica o fluxo dos processos, atividades e tarefas. Uma técnica de modelagem nada mais é do que um conjunto de notação

que expressa de maneira padronizada estes fluxos (ALMEIDA NETO, 2009; CAMPOS, 2014).

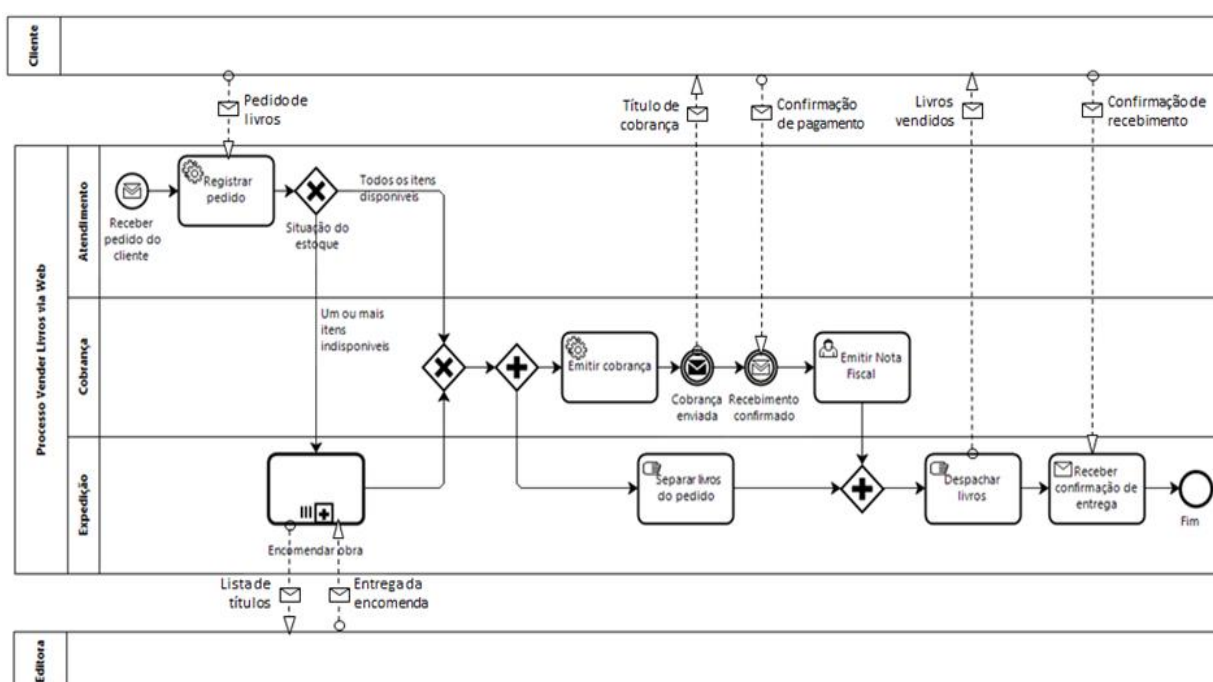
Dentre as técnicas mais empregadas para modelagem estão: IDEF (*Integrated Definition*), UML (*Unified Modeling Language*), EPC (*Event-driven Process Chain*), VSM (*Value Stream Mapping*) e BPMN (*Business Process Model and Notation*) (ALMEIDA NETO, 2009; CAMPOS, 2014; BPM CBOK, 2013). As principais características de cada técnica de modelagem são:

- IDEF (*Integrated Definition*): De acordo com Almeida Neto (2009), trata-se de um padrão de documentação de processos de fabricação criado pela força aérea americana. Permite analisar processos por meio da construção de modelos que refletem sua funcionalidade para projetar a situação ideal de operacionalidade do negócio.
- UML - *Unified Modeling Language*: É uma linguagem empregada no desenvolvimento de software para modelar sistemas orientados a objetos, porém, é aplicada também na modelagem de negócios (BEZERRA, 2015).
- EPC - *Event-driven Process Chain*: É uma técnica orientada a modelagem desenvolvida pelo *Institute for Information Systems* - sistema SAP, baseada no controle de fluxos de atividades e eventos considerando suas relações de dependências (ALMEIDA NETO, 2009). Segundo Rodrigues (2015), esta técnica atende também aos requisitos de modelagem de processos de negócios.
- VSM - *Value Stream Mapping*: É uma das ferramentas da Produção Enxuta que utiliza um conjunto de símbolos no mapeamento de processos de produção e serviços, que considera os recursos empregados e tempo de execução, com foco na redução de desperdícios e de tempo sem valor agregado (LEITE et al., 2017).
- BPMN - *Business Process Model and Notation*: A técnica BPMN fornece uma notação gráfica com objetivo de oferecer suporte à modelagem de processos de negócios, por meio de uma notação padrão que seja compreensível para os usuários corporativos (OMG, 2013). Na seção 2.10 esta técnica é tratada com maior detalhamento.

2.10 Características do BPMN - *Business Process Model and Notation*

A técnica *Business Process Model and Notation*, em português – Notação de Modelagem de Processos de Negócios, é um padrão criado pela *Business Process Management Initiative (BPMI)* no ano 2004 e incorporado pelo Object Management Group (OMG) em 2006, grupo que estabelece padrões para sistemas de informação. Na Figura 8 pode-se observar um exemplo prático do emprego da notação BPMN usado para modelar um processo de negócios de venda de livros via *web*.

Figura 8: Modelagem da venda de livros via *web* por meio do BPMN



Fonte: Sganderla, 2014.

Segundo o BPM CBOK (2013), a aceitação do BPMN tem crescido sob várias perspectivas com sua inclusão nas principais ferramentas de modelagem. Essa notação apresenta um conjunto robusto de símbolos para modelagem de diferentes aspectos. Como na maioria das notações, os símbolos descrevem relacionamentos claramente definidos, tais como fluxo de atividades e ordem de precedência.

Destina-se a ser usado diretamente pelas partes interessadas que projetam, gerenciam e realizam processos de negócios, mas ao mesmo tempo são precisos o suficiente para permitir que os diagramas de BPMN sejam traduzidos em componentes de processos de software (OMG, 2013). Pode ser utilizado, segundo Braconie e Oliveira (2009), para modelagem de diversos tipos de processos desde os

mais genéricos até os mais específicos.

Carrara (2011) e Mariano e Muller (2012) destacam que pode haver diferença entre um diagrama mapeado por um executivo, por um analista e por um técnico, pois o nível de detalhe aumenta de acordo com a intenção de uso do diagrama (mapeamento, detalhamento e automação). A modelagem de processos, de acordo com Silver (2011) é dividida em três níveis, os quais são explicados no Quadro 4.

Quadro 4: Níveis de modelagem de processo

Nível	Tipo de modelagem	Descrição
1º	Descritiva	Representação e descrição de processos para os profissionais envolvidos com a camada de negócio da organização. Busca representar o fluxo do processo de forma simples.
2º	Analítica	A modelagem em segundo nível possui mais detalhes, sendo vital descrever o que acontece e sob que condições o processo acontece.
3º	Executável	A modelagem no terceiro nível inicia com os elementos do segundo nível, onde se adiciona os detalhes internos aos elementos de notação.

Fonte: Silver, 2011.

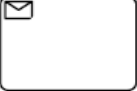
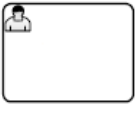
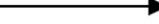
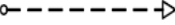
2.10.1 Elementos de notação BPMN

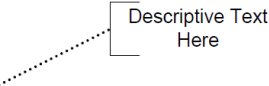
A seguir são detalhadas as características dos principais objetos que compõem o BPMN, que segundo o OMG (2013), são divididos em cinco categorias básicas de elementos:

- a) **Objetos de fluxo:** Eventos, atividades e *gateways*;
- b) **Conectores:** sequência, mensagem, associação;
- c) **Swimlanes:** *pool* (piscina) e *lanes* (raias);
- d) **Dados:** Objetos de dados;
- e) **Artefatos:** Grupos e anotações.

No Quadro 5 estão os detalhes gráficos da notação BPMN com suas respectivas descrições.

Quadro 5: Elementos básicos da notação BPMN

Categoria	Descrição	Figura
Evento	Fatos ocorridos que afetam o processo. Podem ser gatilhos ou resultados, a exemplo dos eventos de início, intermediários ou de finalização. A atividade de um processo pode ser também afetada por um evento correlacionado ao tempo ou ao fluxo de mensagens	
		 Início  Intermediário  Finalização
		 Tempo  Recebimento de mensagem  Envio de mensagem
		 Origem  Destino 
Gateways	Elementos de decisão que indicam que rumo o fluxo do processo vai seguir	
		 Inclusivo  Paralelo  Exclusivo
Atividade	Descreve o trabalho realizado em um processo	
		 Envio de mensagem  Recebimento de mensagem
		 Subprocesso  Atividade com recurso computacional  Atividade manual
Fluxo de sequência	Designa a direção da sequência do fluxo do processo	
Fluxo de mensagem	Mostra o fluxo de mensagem entre dois participantes	
Fluxo de associação	Associação entre objetos de fluxo aos dados, informações e artefatos	

Pool (piscina)	Representa os participantes envolvidos em um processo, ou seja, quem faz o quê	
Lanes (raias)	É uma divisão do <i>pool</i> que representa o que cada ator faz dentro do processo	
Objetos de dados	Mecanismo que mostra como os dados são requeridos ou produzidos por atividades	
Armazenamento de dados	Conjunto de dados armazenados que podem ser acessados a qualquer momento	
Anotação	Fornecer informações adicionais para o leitor de um processo BPMN	

Fonte: OMG, 2013

2.10.2 Software para modelagem

O emprego de ferramentas da tecnologia de informação é essencial para apoiar o ciclo de gerenciamento de processos, como exemplo, os softwares de modelagem. Estes softwares facilitam a documentação, integração e modelagem gráfica dos processos de negócios (PILLAT et al., 2012).

De acordo com Aguiar et al. (2016) e Baldam et al. (2014), estes pacotes podem ser licenciados a exemplo do *Aris*, *ProVisio*, *Igrafx* e *Visi*, sendo comum ainda o emprego de *softwares* livres como *Bizagi Process Modeler*, *Bonita Open Solution*, *Sydle Seed* e o *ProcessMaker*. Baldam et al. (2014) destacam que as características desejáveis destes softwares de modelagem de processos incluem:

- Facilidade de desenho do processo;
- Padrões de simbologia gráfica;
- Facilidade na correção dos fluxos;
- Agregar informações relevantes às atividades (regras, competências, valor da atividade, sistemas usados, documentos e dados gerados);

- Fácil acesso aos resultados das publicações dos modelos, processos e documentação.

Além destas características, Pillat (2012) destaca que o pesquisador ou a equipe de modelagem, devem verificar se o software escolhido possui linguagem adequada a notação de modelagem previamente estabelecida.

2.11 Etapas da modelagem de processos

Nesta seção foram pesquisados trabalhos que abordam quais etapas ou fases compõe a modelagem de processos. Estes trabalhos são as referências para a construção do *framework* genérico desenvolvido na seção 7.1.

Segundo Chang e Pires (2015) o ciclo de modelagem é dividido em três etapas: identificação, solução e implementação. A etapa de identificação inclui a definição do problema a ser resolvido e os limites de cada processo no sistema analisado. A etapa de solução identifica, por meio de simulação, alternativas para reduzir ou eliminar o problema verificado na fase anterior. Na etapa de implementação, a melhor alternativa obtida por meio da simulação é implementada e os resultados avaliados. Caso o novo modelo não apresente os resultados satisfatórios deve-se retornar a etapa de solução para remodelagem.

Por meio de uma revisão bibliográfica, Pietrón (2016) resumiu as práticas mais adotadas nos trabalhos de modelagem de processos, que incluem as seguintes etapas: definição e identificação de processos, construção do modelo conceitual, formulação de modelos utilizando a notação escolhida, avaliação, teste e implementação final.

Pinggera (2014) destaca que a criação de modelos de processo deve garantir que a representação interna dos problemas seja convertida em representação externa, sendo que essa garantia pode ser obtida por meio do seguinte fluxo: compreensão dos problemas, busca de métodos para uma solução, modelagem, execução e validação.

Dumas et al. (2018) relatam que a identificação dos processos na fase (*As-Is*) pode ser baseada em três métodos: evidências, entrevistas e workshops. Posteriormente, em cada processo identificado, devem ser verificados as seguintes variáveis: limites de início e fim, as atividades e eventos, os recursos empregados, as entregas ao cliente (saídas) e seu fluxo de controle. Os autores apontam que o

redesenho (modelagem *To-Be*), começa com a análise do valor agregado e documentação dos problemas relatados pelos *stakeholders*.

Gabryelczyk et al. (2017) utilizaram a técnica de modelagem para aprimorar processos em instituições jurídicas. Segundo os autores, a construção do modelo é resultado da definição de processos e das respectivas interfaces. Diante da burocracia comum na área pública, os autores enfatizam que na modelagem (*As-Is*) devem ser devidamente apresentadas relações lógicas e cronológicas entre tarefas processuais, permitindo assim sua análise e atribuição dos agentes executores, além do fluxo de entrada e saída de informações.

Jasiulewicz-Kaczmarek et al. (2018) destacam a importância do uso de linguagem simples, de fácil entendimento e compreensão para os usuários. Na modelagem (*As-Is*), o modelo é construído com base na análise de documentos, entrevistas e *brainstorming*. Ainda segundo os autores, na modelagem (*To-Be*) a otimização deve focar na redução da burocracia e na eliminação de tarefas duplicadas, com foco na padronização. Os esforços de melhoria devem seguir "regras do negócio" e considerar o emprego da tecnologia da informação.

Para cumprir seus objetivos o projeto de modelagem deve incluir uma definição clara dos papéis dos membros responsáveis pela gestão e execução dos processos na organização tais como: patrocinador do projeto - nível estratégico, gerentes - nível tático e executores de processos - nível operacional (JESTON, 2018). Na visão de Cavalcanti (2017), após a definição dos papéis, a equipe responsável pela modelagem deverá implementar o seguinte conjunto de medidas:

- coleta de dados e informações;
- elaboração do mapa da situação atual;
- realizar um debate para consolidar e validar a situação atual;
- identificar e aprovar propostas de melhorias;
- redesenhar o processo

Baldam et al. (2014) e Campos (2014) desenvolveram uma metodologia de modelagem que é dividida em cinco etapas, as quais são apresentadas no Quadro 6.

Quadro 6: Etapas de modelagem de processos

Etapas	Procedimentos
Preparação do projeto	Entender o escopo do ciclo de modelagem, identificar as fontes de informação e consultar a documentação dos processos
Coleta de dados	Dados dos processos, atividades, executores e mensagens
Construção de modelos	Desenho dos modelos
Validação	Análise da consistência e verificação de alterações necessárias
Publicação	Publicação da modelagem final para a corporação

Fonte: Baldam et al. 2014; Campos, 2014.

Os autores Baldam et al. (2014) acrescentam duas etapas àquelas demonstradas no Quadro 6: a definição e identificação dos objetivos que pretende-se alcançar com a modelagem e a Implementação dos modelo construído.

Wiśniewski et al. (2018) desenvolveram um sistema de modelagem dividido em quatro fases, sendo que no início (fase 1), os participantes recebem um formulário desenvolvido em planilha eletrônica para inserir informações sobre tarefas realizadas. Na fase 2 são avaliados a consistência e uniformidade dos dados das planilhas. Na fase 3 um fluxo de trabalho sintético é gerado e usado para criar um modelo final (fase 4).

No trabalho desenvolvido por Hammer (2015), o autor divide a modelagem em dois momentos (Figura 9). No primeiro momento, na implementação inicial da modelagem, a ênfase é na avaliação de desempenho, analisando as lacunas existentes entre o desenho do modelo e sua aplicação prática (execução). No segundo momento, é definido o plano de intervenção, com as ações necessárias para resolver os as lacunas e as deficiências de execução.

Figura 9: Proposta de modelagem desenvolvida por Hammer (2015)

Fonte: Hammer, 2015

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Neste capítulo são apresentados os procedimentos metodológicos empregados para atingir os objetivos estabelecidos nesta tese, detalhando o tipo de pesquisa empregada, sua classificação, os instrumentos de pesquisa e de coleta dos dados.

3.1 Classificação da pesquisa

Do ponto de vista de sua natureza pode-se classificar esta tese como pesquisa aplicada, pois, de acordo com Silva e Menezes (2005), as pesquisas assim enquadradas objetivam gerar conhecimentos para aplicação prática e dirigidos à solução de problemas específicos, envolvendo verdades e interesses locais, conectando-se desta forma ao objetivo principal desta tese.

A principal forma de abordagem do problema de pesquisa é a qualitativa. De acordo com Pradanov e Freitas (2013), na abordagem qualitativa a pesquisa tem o ambiente como fonte direta dos dados, sendo que o pesquisador mantém contato direto com o objeto de estudo em questão, necessitando de um trabalho mais intensivo de campo. Neste tipo de abordagem, os instrumentos de coleta de dados mais comuns são: observação direta, observação participante, entrevistas estruturadas ou semi-estruturadas, documentação e registros em arquivos (YIN, 2011).

As premissas sobre a pesquisa qualitativa são válidas para esta tese, pois os dados coletados, que subsidiaram o mapeamento e a modelagem do gerenciamento de RCC apresentaram-se na forma de registros dos processos e das atividades ocorridas durante o fluxo dos resíduos, desde o gerador até sua disposição final, sendo que os instrumentos de coleta de dados mais empregados foram a observação direta, entrevistas e análise de documentos públicos.

Pradanov e Freitas (2013) destacam ainda que os dados coletados nas pesquisas qualitativas são descritivos, retratando o maior número possível de elementos existentes na realidade estudada, preocupando-se o pesquisador muito mais com o processo do que com o produto.

Quanto aos objetivos, pode-se classificar a tese em pesquisa exploratória. A pesquisa exploratória, de acordo com Gil (2010), busca proporcionar maior familiaridade com o problema pesquisado, com vistas a torná-lo mais explícito ou a

construir hipóteses. O autor destaca que a maioria das pesquisas exploratórias envolvem o levantamento bibliográfico e entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado.

O contexto exploratório presente nesta tese é observado por meio da necessidade de identificar e entender de forma estruturada e minuciosa os processos, as atividades, os participantes e seus papéis em cada etapa do gerenciamento dos RCC no município.

Finalizando o procedimento técnico empregado foi o estudo de caso. De acordo com Yin (2005), o estudo de caso é uma investigação empírica de um fenômeno contemporâneo, dentro de um contexto da vida real, sendo que os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos.

O autor destaca que este procedimento de pesquisa é empregado quando é preciso responder a questões do tipo “como” e “por quê” e principalmente, nas situações em que o pesquisador possui pouco controle sobre os eventos pesquisados.

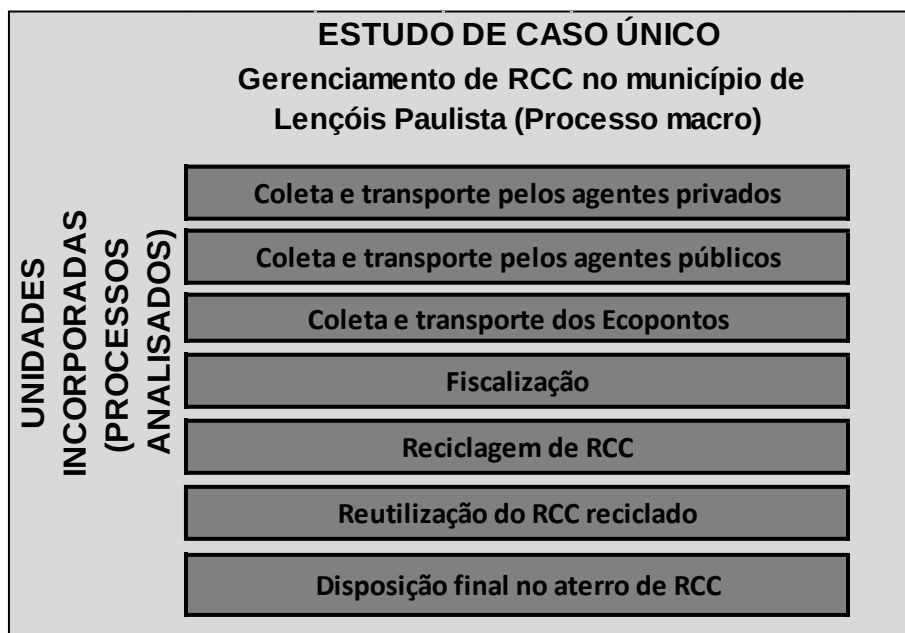
Sua abordagem pode ser qualitativa e/ou quantitativa, compreendendo uma investigação que tem como objeto o estudo de uma unidade de forma aprofundada, podendo tratar-se de um sujeito, de um grupo de pessoas ou de uma comunidade (PRADANOV; FREITAS, 2013).

O desenvolvimento desta pesquisa é coerente com as características da técnica de estudo de caso pois são atendidas as seguintes condições:

- Investigação de fenômeno contemporâneo e inserido no contexto real;
- O pesquisador não possui controle sobre os eventos;
- Emprego de dados qualitativos;
- Estudo aprofundado de um objeto.

De acordo com Gil (2010), o estudo de caso pode ser único ou múltiplo. Esta tese contemplou um estudo de caso único com unidades incorporadas. Nesta metodologia de estudo de caso único, o pesquisador analisa subunidades de pesquisa incorporadas ao objeto de estudo (YIN, 2010). Neste caso, a modelagem do processo de gerenciamento municipal de RCC é desenvolvida em caso único: o município de Lençóis Paulista (macroprocesso). Porém, composto por sete subunidades de processos incorporadas ao caso único, os quais são representadas na Figura 10. A caracterização da unidade de estudo de caso é apresentada no capítulo 4.

Figura 10: Representação do estudo caso único com subunidades incorporadas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Por ser um método de pesquisa profundo e exaustivo, de um ou poucos objetos, o desenvolvimento do estudo de caso é caracterizado pela maior presença de dados e variáveis coletadas em um número reduzido de pontos de coleta de dados, tornando o desenvolvimento do trabalho mais complexo (YIN, 2005; VOSS; TSIKRIKTSIS; FROHLICH, 2002).

Para lidar com esta complexidade o pesquisador deve estar preparado de acordo com Pradanov e Freitas (2013), para fazer uso de várias fontes de evidências, que precisam convergir para garantir a fidedignidade e validade dos dados coletados.

Visando garantir esta convergência, Yin (2005), destaca a importância de se atentar para a validade do constructo (estabelecimento de medidas operacionais corretas) e a confiabilidade (demonstrar que os procedimentos de desenvolvimento do estudo podem ser repetidos sem interferir nos resultados), possibilitando a triangulação dos resultados obtidos. A validade do constructo e a confiabilidade observados nesta pesquisa podem ser observados no Quadro 7.

Quadro 7: Estratégias de validação do estudo de caso empregados na pesquisa

Validade do constructo	Emprego de fontes múltiplas de evidência: Foram empregadas três fontes de dados: entrevistas, observação direta e análise de documentos. Encadeamento das evidências: A utilização das três fontes de dados aplicadas na coleta de cada processo estão conectadas com o gerenciamento macro dos RCC. Revisão do relatório final pelos informantes chave: Esta estratégia está inserida na fase de validação da modelagem de processos.
Confiabilidade	Utilização de protocolo para o estudo de caso: O protocolo desenvolvido pode ser observado no Apêndice A. Desenvolvimento do banco de dados para o estudo de caso: Foi desenvolvido banco de dados que contém todos os registros das atividades e tarefas desenvolvidas em cada fase do processo de gerenciamento dos RCC. Esta estratégia é empregada também na seção de elaboração do Panorama de gerenciamento de RCC no Estado de São Paulo.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

3.2 Coleta de dados

Nesta seção são apresentadas de forma resumida as técnicas e os instrumentos de coleta de dados empregados na tese, pois o emprego destes elementos são devidamente justificados e detalhados no capítulo 7, onde é desenvolvido o *framework* proposto neste trabalho.

a) Técnicas de coleta de dados

As técnicas de coleta de dados empregadas foram:

- Entrevistas;
- Observação direta;
- Questionários.

b) Instrumentos de coleta de dados

No capítulo 6, para elaboração do panorama Estadual do gerenciamento de RCC, foi desenvolvido um banco de dados, o qual armazenou os dados coletados de 645 municípios extraídos do SNIS.

Na coleta dos dados realizada na fase de desenvolvimento do *framework* de

modelagem (capítulo 7), foram utilizados um questionário e cinco formulários, os quais são detalhados nos Apêndices.

c) Fontes de coleta dos dados

A análise bibliométrica, que foi realizada no capítulo 5, por meio da busca sistemática de termos relacionados ao gerenciamento de RCC, utilizou a base *scopus* como fonte de coleta de dados. Esta base foi escolhida por ser a mais abrangente em números de resumos e citações da literatura científica, possuindo mais de 22.000 títulos e mais de 5.000 editores em todo mundo (ELSEVIER, 2015).

O SNIS com dados do ano 2018, foi empregado como fonte de dados para viabilizar no capítulo 6 o desenvolvimento do panorama estadual do gerenciamento de RCC.

O Quadro 8 apresenta as variáveis pesquisadas que subsidiaram a elaboração do panorama que posteriormente, por meio do banco de dados construído no software MS-Excel, possibilitou realizar o cruzamento dos dados e a geração das informações necessárias (Quadro 9) para avaliar os sistemas empregados de coleta e transporte, o volume coletado, e a disposição e destinação final dos resíduos nos 645 municípios do estado de São Paulo. Após os cálculos que possibilitaram obter as variáveis do Quadro 9, foi elaborada a análise gráfica dos dados.

Quadro 8: Variáveis extraídas do SNIS

Variáveis quantitativas	População total do município, Quantidade coletada de RSU, Quantidade coletada de RCC por caçambeiros, Quantidade coletada de RCC pela prefeitura, Quantidade coletada de RCC pelo próprio gerador, Quantidade total de RCC coletados no município, Quantidade de municípios com Usinas de Reciclagem, Quantidade de municípios com ATT, Quantidade de municípios com Aterro de RCC.
Variáveis qualitativas	Realização da coleta diferenciada de RCC pela prefeitura, Existência da cobrança pelo serviço de coleta de RCC executado pela prefeitura, Existência de agentes autônomos que realizam a coleta de RCC por meio de caminhão basculante ou carroceria, Existência de agentes autônomos que realizam a coleta de RCC por meio de veículos de pequeno porte ou de tração animal, Existência de empresas especializadas na coleta “caçambeiros”.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Quadro 9: Informações obtidas com o cruzamento das variáveis extraídas do SNIS

Sistema de coleta e transporte	1. Número de municípios com informações sobre o sistema de coleta e transporte de RCC; 2. Proporção de municípios com informações sobre o sistema de coleta e transporte RCC em relação ao número total de municípios do estado; 3. População residente nos municípios com informação sobre o sistema de coleta e transporte; 4. Proporção da população residente nos municípios com informação do sistema de coleta e transporte em relação a população total; 5. Número de municípios em que a prefeitura executa usualmente a coleta diferenciada de RCC; 6. Número de municípios com a presença agentes especializados na coleta de RCC conhecidos como “caçambeiros”; 7. Número de municípios com a presença de agentes autônomos que realizam a coleta de RCC por meio de caminhões basculante ou carroceria; 8. Número de municípios com a presença de agentes autônomos que realizam a coleta de RCC por meio de veículos de pequeno porte ou tração animal; 9. Número de municípios em que a coleta de RCC é realizada apenas pelos próprios geradores 10. Número de municípios em que a coleta de RCC é realizada apenas pela prefeitura; 11. Número de municípios em que a coleta de RCC é realizada apenas pelos caçambeiros.
Volume coletado	1. Número de municípios com informações quantitativas sobre a coleta de RCC; 2. Proporção de municípios com informações quantitativas sobre a coleta de RCC em relação ao número total de municípios do estado; 3. População residente nos municípios com informação de coleta; 4. Proporção da população residente nos municípios com informação de coleta em relação a população total; 5. Total coletado de RCC pelos agentes executores; 6. Valor per capita coletado; 7. Projeção do volume coletado para todo estado.
Destinação e disposição final	1. Número de municípios que possuem usina de reciclagem de RCC; 2. Número de municípios que possuem ATT; 3. Número de municípios que possuem aterro de RCC.

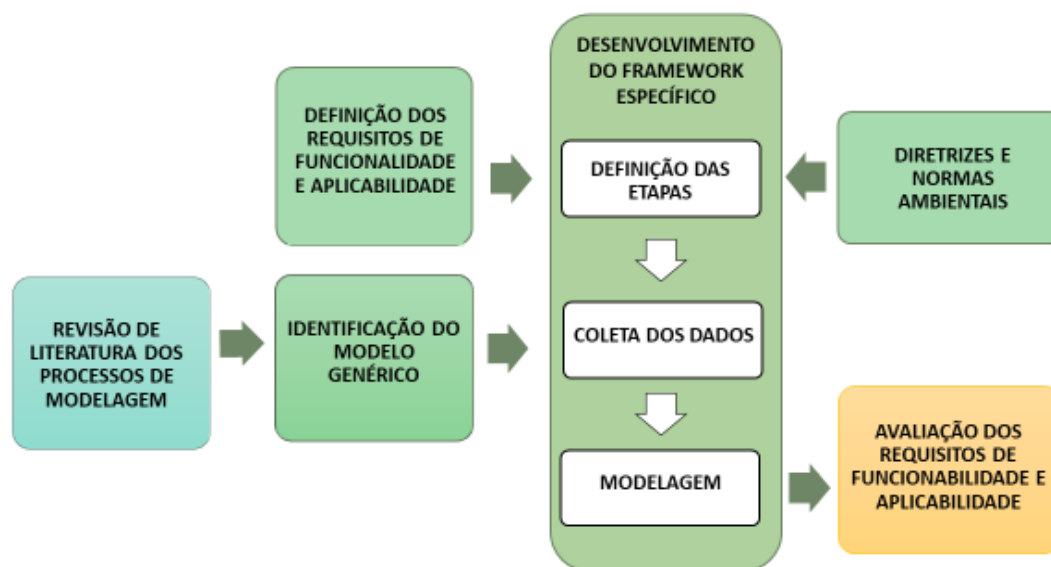
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

3.3 Delineamento de desenvolvimento do framework

A Figura 11 mostra o delineamento de desenvolvimento do *framework*. Na primeira etapa foi elaborada uma revisão da literatura, buscando identificar obras que abordam a modelagem de processos em diferentes contextos de gestão, focando nas características da aplicação e nas etapas de implementação. Na sequência, como

resultado da revisão da literatura, foi construído um modelo genérico, com o resumo das principais etapas que compõe o ciclo dos trabalhos de modelagem.

Figura 11: Delineamento de desenvolvimento do *framework*



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Na terceira etapa é construído um modelo específico para a modelagem de processos aplicado ao gerenciamento municipal de resíduos de RCC, com base no modelo genérico, incluindo a definição dos requisitos e as diretrizes e normas que regulam a gestão dos resíduos. Nesse contexto, foram definidas e detalhadas as etapas, os instrumentos e as fontes de coleta de dados, bem como as ferramentas e critérios sobre modelagem. Por fim, é realizada uma avaliação da funcionalidade e aplicabilidade do *framework*.

4 CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE DE ESTUDO

A origem de Lençóis (antiga *Lençóes*), de acordo com Chitto e Chitto (2008, p.14), ocorreu durante o período das monções e uma das prováveis hipóteses para a origem do nome deve-se ao aspecto das águas afluentes do atual Rio Lençóis com sua foz no rio Tietê. Nesta época, Lençóis era conhecida como “boca do sertão”, pois em seu território tinha início o sertão paulista ainda desconhecido, e conforme as civilizações avançavam, outros lugarejos tornavam-se boca do sertão e posteriormente em locais de pouso para os bandeirantes.

O povoado de Lençóis surgiu no ano de 1858 com a doação por proprietários rurais de terras para a formação do patrimônio de Nossa Senhora da Piedade, padroeira do município. No ano de 1866, Lençóis passou a ser município, e em 1877 foi promovida a comarca. Nos primeiros tempos a população era formada por paulistas de outras regiões e mineiros em busca de terras e novas oportunidades (GUIRADO e FERNANDES, 2008).

No final do século XIX, a partir da abolição da escravidão e proclamação da república, a cidade recebeu muitos imigrantes, principalmente italianos. Em 1898 a chegada da estrada de ferro da companhia Sorocabana ajudou a impulsionar o crescimento da cidade (CHITTO e CHITTO, 2008).

4.1 Aspectos geográficos e socioeconômicos

De acordo com dados do IBGE (2019), o município de Lençóis Paulista possui área de 804,0 km² e está localizado próximo ao centro geográfico do estado de São Paulo, latitude sul 22°33'56", longitude oeste 48°48'02", possuindo altitude média de 550,0 metros, pertencendo a Região Administrativa e Região de Governo de Bauru (Figura 12).

Os municípios limítrofes são: Borebi, Agudos, Pederneiras, Macatuba, Areiópolis, São Manuel, Pratânia, Botucatu e Avaré. A cidade está distante 300,0 km da capital São Paulo e a 44,0 km do município de Bauru, sendo que as rodovias SP 300 – Marechal Rondon e SP 261 – Osny Matheus são os acessos para o município. Em termos de planejamento ambiental o município está inserido na Bacia Hidrográfica

do Rio Tietê/Jacaré (UGRHI-13). Porém, possui uma extensão da área sul localizada na Bacia do Médio Paranapanema, que pertence à UGRHI-17 (Figura 13).

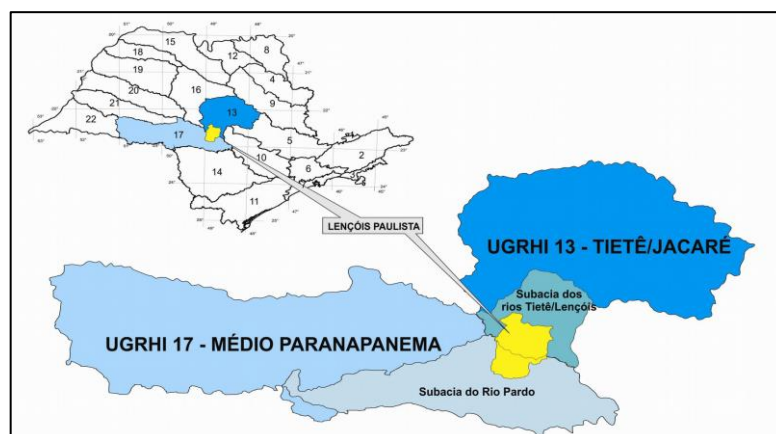
Figura 12: Localização geográfica do município de Lençóis Paulista



Fonte: IBGE, 2019.

O Rio Lençóis e o Rio Claro são os dois principais corpos d'água do município, seguidos em ordem de importância pelo Ribeirão da Prata, Corvo Branco e do Córrego Cachoeirinha, que banham a zona urbana de Lençóis Paulista (PMLP, 2019).

Figura 13: Divisão do município de acordo com as bacias hidrográficas



Fonte: Fehidro, 2019.

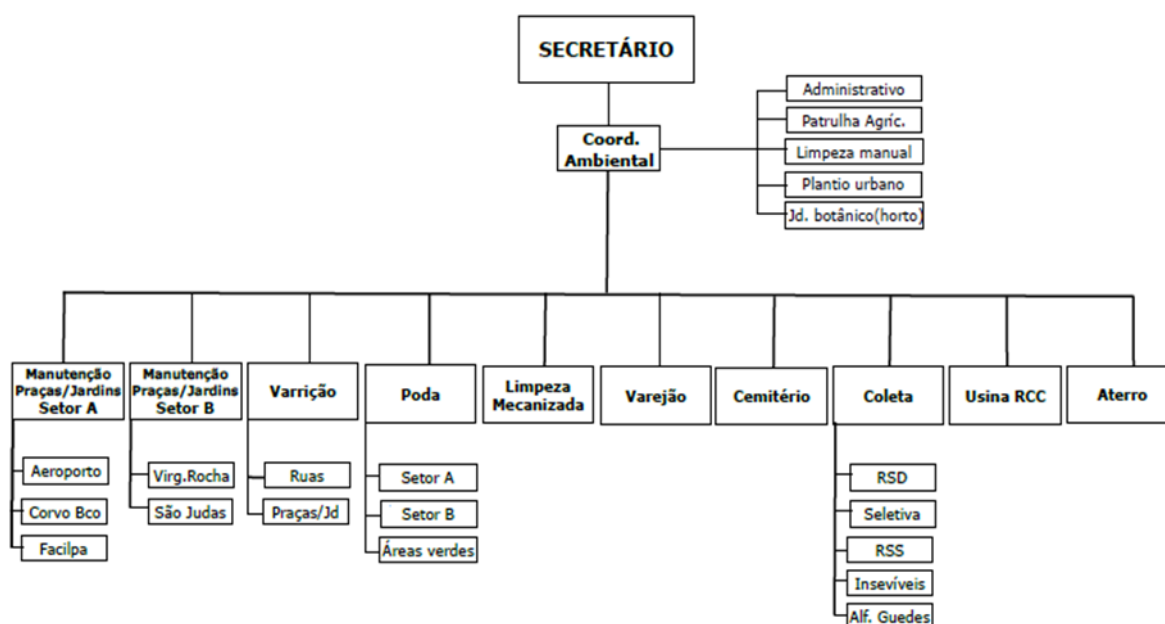
Os demais indicadores demográficos, de serviços de saneamento e sócio econômicos podem ser observados no Quadro 10. Na economia destacam-se as atividades do comércio, pecuária e agricultura com o cultivo da cana de açúcar e eucalipto. Na indústria destacam-se o setores sucroalcooleiro, de papel e celulose, re-refino de óleo lubrificante e alimentos.

Quadro 10: Indicadores municipais: demográficos, saneamento e sócio econômicos

Indicador	Unidade	Referência	Valor
População estimada	hab.	2019	68.432
Densidade demográfica	Hab/ km²)	2019	75,88
Grau de urbanização	%	2020	98,23
Índice de Desenvolvimento Humano	IDH	2010	0,764
Rendimento médio por emprego formal	R\$	2018	R\$ 2.802,14
Coleta de lixo – nível de atendimento	(%)	2010	99,87
Abastecimento de água	(%)	2010	99,62
Esgoto sanitário – nível de atendimento	(%)	2010	98,61
PIB	mil reais	2017	R\$ 2.569.702,58
PIB per capita	reais	2017	R\$ 39.574,68

Fonte: SEADE e IBGE, 2019

O organograma da estrutura funcional dos serviços e atribuições da SAMA é demonstrado na Figura 14.

Figura 14: Organograma funcional da Secretaria Municipal de Meio Ambiente

Fonte: PMLP, 2019.

A prefeitura municipal possui 2.230 servidores incluindo os funcionários do Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE). A Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente (SAMA), conta com 130 servidores e aproximadamente 25 funcionários terceirizados, sendo este órgão público o responsável pelos serviços do manejo de resíduos e da limpeza pública e suas principais atribuições são: manutenção de praças e jardins, varrição, coleta e destinação dos resíduos sólidos urbanos.

4.2 Histórico do gerenciamento de RCC no município de Lençóis Paulista

Até os anos 1990 o gerenciamento dos RSU nos municípios era caracterizado pelo manejo sem critérios técnicos e ambientais, devido a falta de conscientização da população e principalmente pela ausência de normas e controles por parte do poder público, principalmente nos países em desenvolvimento (LAGREGA et al., 2010; MARSHALL; FARAHBAKHS, 2013). Destaca-se que no Brasil este período estava situado a duas décadas da criação da PNRS.

Neste período, as regras de licenciamento ambiental eram brandas e os locais que eram escolhidos para disposição final de RCC eram caracterizados pela presença de grandes valas que necessitavam ser aterradas e ter sua topografia regularizada. Este cenário era observado também no município de Lençóis Paulista, onde era comum a prefeitura municipal realizar a coleta de RCC para os munícipes, pois não havia um mercado consolidado para atuação das empresas prestadoras deste serviço.

A prefeitura municipal de Lençóis Paulista, precisamente no mês de fevereiro do ano 2001, objetivando regulamentar critérios de gestão ambiental em nível local, promulgou a Lei municipal nº 2911/01, que instituiu a Política Municipal de Meio Ambiente (PMMA), além criar o Conselho e Fundo Municipal de Meio Ambiente. Por intermédio desta lei foram estabelecidos pela primeira vez os mecanismos para planejamento e fiscalização dos recursos ambientais, a qual abordavam, dentre vários aspectos, a questão da coleta, transporte, armazenamento e destinação de resíduos sólidos.

Não foram encontrados registros com exatidão, mas antigos servidores da prefeitura municipal relatam que no início dos anos 1990, uma área localizada próxima ao bairro Monte Azul, que na época ainda estava em formação e distante dos demais bairros, foi utilizada até o ano 1998 para recebimento dos resíduos de construção civil.

Nos anos 1970 este local foi explorado para a extração de cascalho, originando uma enorme cratera no solo, a qual foi preenchida e regularizada com os entulhos e mais tarde nesta área foi construído um conjunto residencial.

Durante o período de 1999 e 2004 uma grande vala localizada na parte baixa do bairro Maestro Júlio Ferrari foi o local utilizado para disposição final dos resíduos. Na época a prefeitura municipal necessitava construir uma rede de captação de águas pluviais dos bairros vizinhos a este ponto. Desta forma, após a instalação da rede de drenagem, realizou-se o preenchimento total e a regularização topográfica com os RCC e, posteriormente, a prefeitura revitalizou o local construindo uma praça de esporte e lazer.

Entre o período de 2004 e 2010 foi utilizada uma área localizada no bairro Jardim das Nações, ao lado do SENAI e de algumas indústrias instaladas nas proximidades da rodovia SP-300 (Marechal Rondon). O local também necessitava ser regularizado para possibilitar a expansão futura do SENAI e do terminal rodoviário. Atualmente, uma parcela desta área é utilizada como ecoponto.

A partir do ano 2010 as restrições ambientais para licenciamento de aterros já haviam se intensificado e junto com a expansão urbana era cada vez maior a dificuldade em viabilizar novas áreas para recebimento dos RCC. Além disto, com o aquecimento da construção civil neste período, a geração de RCC era cada vez maior, demandando esforços do poder público municipal em termos de gerenciamento.

De acordo com Esguicero (2010), neste período Lençóis Paulista gerava diariamente a média 320,0 m³ de RCC, totalizando 60 caçambas/dia, resultando na redução acelerada da vida útil dos locais de disposição final destes resíduos. Foi também neste período que novas empresas começaram a explorar a atividade de coleta e transporte dos RCC no município.

Diante deste contexto, a prefeitura conseguiu viabilizar duas áreas no Distrito de Alfredo Guedes, distante 18,0 km do centro da cidade. Estes locais pertenceram no passado a empresa Ferrovia Paulista S/A (FEPASA), contendo alguns trechos bastante acidentados que cortavam algumas propriedades rurais, que necessitavam de regularização na sua topografia. O local foi explorado para disposição dos resíduos entre os anos 2011 e 2014.

No ano 2012 o gerenciamento de RCC foi abordado pela primeira vez de forma integrada no Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), elaborado por uma empresa de consultoria contratada pelo Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE),

autarquia responsável pelos serviços de abastecimento de água e tratamento de esgoto do município de Lençóis Paulista. O PMSB contemplou quatro eixos: abastecimento d'água, saneamento, drenagem urbana e resíduos sólidos.

Em meados do ano 2012 a secretaria municipal de meio ambiente deu início a elaboração do Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos (PMGIRS), buscando adequar-se as exigências estabelecidas pela Lei Federal 12.305 de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

Após a realização de três audiências públicas e aprovação pela Câmara Municipal, foi criada a Lei Municipal nº 4525 de 08 de outubro de 2013, que instituiu o PMGIRS. No ano seguinte, o Decreto Executivo nº 316 de 05 de outubro de 2014 regulamentou o Plano. Na ocasião o PMGIRS foi submetido a Secretaria Estadual de Meio Ambiente (SMA) e após passar por análise, foi considerado um padrão a ser seguido por outros municípios, pelo fato de atender todo conteúdo estabelecido na Lei Federal 12.305 e principalmente, por ser elaborado pelos próprios técnicos da prefeitura municipal.

O PMGIRS abordou o diagnóstico e prognóstico de todas classes de resíduos gerados no meio urbano, permitindo estabelecer as prioridades, o planejamento e as ações necessárias para sua adequada gestão e gerenciamento, abrangendo o horizonte de 20 anos.

Ainda no ano 2013, por orientação da SMA, foi elaborado e incluído no anexo do PMGIRS o Plano Municipal de Gestão de Resíduos da Construção Civil (PMGRCC), o qual possibilitou estabelecer as diretrizes, critérios, procedimentos e planejamento das ações norteadoras dos RCC, além de atender a resolução CONAMA nº 307/2002, sendo estabelecido então, um marco no gerenciamento municipal desta classe de resíduos.

Visando regulamentar os conceitos mais modernos sobre o gerenciamento de resíduos sólidos no âmbito municipal, foi promulgado em 2014 o Decreto Executivo nº 314, que deu nova redação a Lei 2911/01. Por meio deste decreto, foram estabelecidos mecanismos legais mais criteriosos, destacando as atividades poluidoras passíveis de fiscalização, inclusive com o valor das multas aos infratores.

As atividades correlatas ao manejo de RCC receberam tratamento específico no art. 12 deste decreto, o qual tratou da questão da destinação de RCC em locais licenciados, das regras de movimentação de caçambas em vias públicas, da proibição do lançamento de resíduos orgânicos e resíduos especiais em caçambas e da

obrigatoriedade do preenchimento do Controle de Transporte de Resíduos (CTR).

Com objetivo de atender a crescente demanda por locais de disposição adequada dos RCC a prefeitura desapropriou no ano 2012, após realizar um estudo ambiental, uma área de 3,21 alqueires próximo ao distrito industrial. Esta área é próxima a outros setores da prefeitura como a Usina de Triagem, Aterro em Valas, Fábrica de Tubos e Usina de Asfalto.

Como o local já contava com toda infraestrutura (portaria, balança, refeitório, vestiários e administração) planejou-se utilizá-la para instalação da Usina de Reciclagem e um novo aterro de RCC. Em 2014 a prefeitura obteve da CETESB a Licença de Operação nº 7005150 para esta área e iniciou a atividade de disposição final de RCC.

No ano 2014, a pedido da prefeitura municipal, o município foi contemplado com recursos no montante de R\$ 170.000,00 por meio do Fundo Estadual de Combate a Poluição (FECOP) para aquisição de parte dos equipamentos para iniciar a construção da usina de reciclagem de RCC. Com este recurso foi possível adquirir: alimentador vibratório, britador, separador magnético e as estruturas de sustentação. O município investiu recursos adicionais de R\$ 114.000,00 que contemplaram a obra civil de construção da base dos equipamentos, a aquisição de duas esteiras e o sistema de umificação.

Destaca-se que o planejamento e o dimensionamento desta usina, bem como sua análise econômica e ambiental visando sua instalação, surgiu de uma dissertação de mestrado desenvolvida por Esguícero (2010), no programa de pós-graduação em Engenharia de Produção da Faculdade de Engenharia de Bauru (FEB) - UNESP Câmpus Bauru.

Como mencionado anteriormente, a Usina foi instalada no mesmo local onde funciona outros serviços da prefeitura, prestados pelas secretarias de meio ambiente, obras e infraestrutura. Desta forma, não foi necessária a construção de instalações de apoio, e além disto, o local é integrado ao aterro de RCC, o que contribui para logística da disposição final dos resíduos.

Em novembro de 2015 a usina de reciclagem de RCC iniciou suas operações e no mês de janeiro de 2016, obteve a licença de Operação da CETESB nº 7005723, válida até o ano 2021.

Antes de iniciar as operações da usina a prefeitura coordenou várias reuniões com as empresas que prestavam o serviço de coleta de RCC na cidade, pois havia o

entendimento, de acordo com a PNRS, que o poder público teria a função fiscalizadora das atividades ligadas aos RCC, sendo que as demais obrigações recaem aos geradores e transportadores de resíduos.

Em função deste contexto, o poder público municipal entendeu ser viável a transferência das operações da usina para os próprios caçambeiros. Desta forma, no ano 2015, os transportadores de entulho criaram a Associação das Empresas Transportadoras de Entulho e Agregados de Lençóis Paulista (ATEALP).

Para regularizar a operação da ATEALP nas instalações da usina, foi instituída em novembro de 2015, a Lei Municipal nº 4792 (alterada pela Lei Municipal nº 4877 de 13 de abril de 2016), que autorizou a celebração de parcerias com entidades para o desenvolvimento de projetos visando o adequado tratamento e disposição dos RCC.

Diante deste convênio, a ATEALP contratou quatro funcionários para desempenhar as funções de emissão das CTRs, a triagem dos resíduos e operação dos equipamentos para trituração e reciclagem. Para custear esta estrutura foi estabelecida uma taxa de R\$ 5,00/m³ que era cobrada dos próprios caçambeiros que destinavam os resíduos no setor.

Nesta parceria, a prefeitura custeava as despesas com energia elétrica, manutenção e disponibilizava uma máquina pá-carregadeira com operador. O material triturado era repassado integralmente para prefeitura, que os aplicava na regularização de estradas rurais.

A parceria foi iniciada em janeiro de 2016, porém, devido a desentendimentos entre os funcionários, associados e membros da diretoria da ATEALP e a prefeitura, o poder público municipal optou por encerrar a parceria e no mês de outubro de 2017, a SAMA assumiu definitivamente as operações da usina, empregando cinco servidores (quatro realizando os trabalhos de triagem e um agente administrativo).

Além dos servidores públicos, passaram a trabalhar no local três membros da Cooperativa de Reciclagem de Lençóis Paulista (COOPRELP), que realizam a triagem e comercialização dos resíduos recicláveis Classe B contidos nas caçambas de entulho.

Para custear diretamente as despesas com a usina de reciclagem as empresas transportadoras de entulho continuam recolhendo a taxa citada anteriormente diretamente ao cofres municipais por meio de guias de recolhimento. A prefeitura possui uma comissão de acompanhamento e gestão dos resíduos sólidos urbanos, formada por três servidores públicos, a qual foi renovada por meio do Decreto

Executivo nº 295 de 05 de maio de 2017.

A seguir são demonstrados os instrumentos jurídicos da esfera municipal, em ordem cronológica, os quais dão suporte ao gerenciamento de RCC na cidade de Lençóis Paulista.

- Decreto nº 143 – 29/10/1997 – Institui a comissão de avaliação de caçambas e poliguindastes;
- Lei nº 2.664 – 01/09/1998 – Disciplina o uso de caçambas no município;
- Lei Ordinária nº 2.911 de 07 de fevereiro de 2001 – Estabelece a Política Municipal de Meio Ambiente;
- Lei nº 3.153 – 07/10/2002 – Estabelece a obrigatoriedade do uso de dispositivos refletivos noturnos nas caçambas.
- Lei Municipal nº 4.525 de 08 de outubro de 2013 – Institui o Plano Municipal de Resíduos Sólidos;
- Decreto Executivo nº 316 de 05 de outubro de 2014 – Regulamenta a Lei Municipal 4.525 de 08 de outubro de 2013 que institui o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos;
- Decreto Executivo nº 458 de 19 de dezembro de 2013 – Aprova o Plano Municipal de Saneamento Básico;
- Decreto Executivo nº 314 de 03 de outubro de 2014 – Regulamenta a Lei Municipal nº 2.911 – Estabelece a Política Municipal de Meio Ambiente;
- Lei Municipal nº 4.792 de 06 de novembro de 2015 – Autoriza a celebrar parcerias com entidades para o desenvolvimento de projetos visando o adequado tratamento e disposição dos resíduos da construção civil no município;
- Lei Municipal nº 4.877 de 13 de abril de 2016 – Altera Lei Municipal nº 4792 de 06 de novembro de 2015, que autoriza a celebrar parcerias com entidades para o desenvolvimento de projetos visando o adequado tratamento e disposição dos resíduos da construção civil no município;
- Decreto Executivo nº 295 de 05 de maio de 2017 – Dispõe sobre a comissão de acompanhamento e gestão de resíduos sólidos urbanos;

- Lei nº 5.112 de 03 de maio de 2018 – Institui a obrigatoriedade de exibir a dimensão (em m³) de cada caçamba;
- Decreto nº 228 – 15/05/2018 – Estabelece o padrão para dimensão das caçambas.

5 ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Após a Revolução Industrial o tema resíduos sólidos começou a ganhar importância principalmente para a saúde pública, entretanto, é a partir de 1970 que o tema obteve uma maior repercussão, tanto em nível nacional quanto internacional, pois foi abordado em grandes encontros mundiais, como nas conferências de Estocolmo, em 1972, em seguida na ECO 92, no Rio de Janeiro e, em 1997, na Conferência de Tbilisi (VELLOSO, 2008; WILSON, 2007).

Regulamentações específicas dos RCC começaram a surgir na Europa após o final da segunda guerra mundial, na reconstrução dos países devastados durante os combates. Desde o início dos anos 80, com o crescente reconhecimento da sustentabilidade como um novo valor, tem-se a expansão de pesquisas no mundo todo investigando uma ampla gama de tópicos da gestão de resíduos da construção, publicados em várias revistas acadêmicas (LU; YUAN, 2011; YEHEYIS et al., 2013).

Estas pesquisas buscam desenvolver soluções para amenizar os impactos causados pelos RCC e, de acordo com Ghafourian et al. (2016), resultam em estudos que vão desde a concepção e projeto das obras, redução do consumo de matéria-prima, aprimoramento nas técnicas de demolição, reciclagem e análise das áreas de disposição final dos resíduos.

Destaca-se que tais estudos estão focados no âmbito dos geradores de resíduos nos canteiros de obras, ou na busca por soluções isoladas nos elos da cadeia da construção civil, resultando, principalmente nos países em desenvolvimento, na ausência de estratégias aplicadas ao manejo integrado dos RCC (ESA; HALOG; RIGAMONTI, 2017).

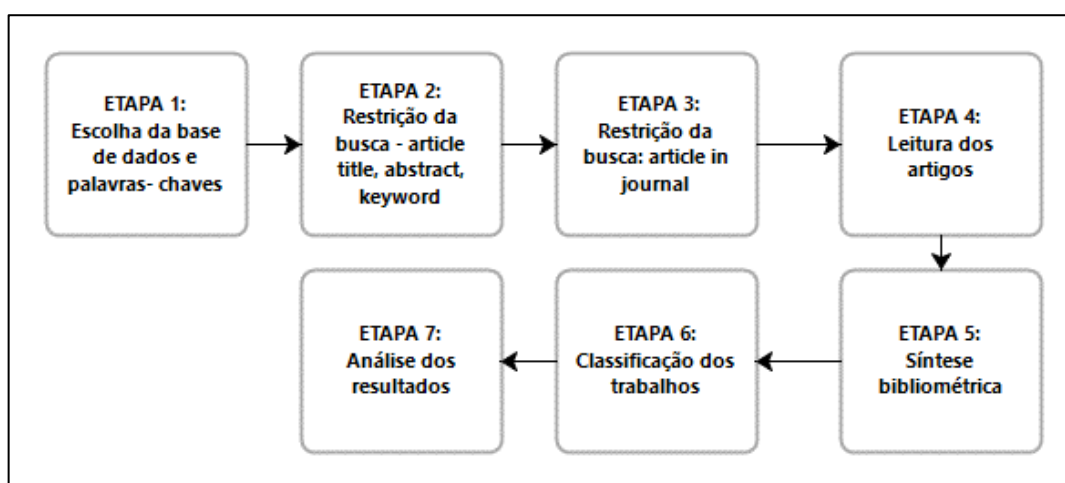
Desta forma, é necessário desenvolver pesquisas na direção da gestão e do gerenciamento integrado no âmbito municipal, envolvendo a indústria, os consumidores e o poder público, integrando toda a cadeia do setor, considerando os aspectos ambientais e econômicos (ANTONOPOULOS et al., 2014; BING et al., 2016; SOLTANI et al., 2015).

Em função do exposto, nesta seção foi realizada uma análise bibliométrica do gerenciamento municipal dos RCC, englobando as fases da geração, transporte, destinação e disposição final destes resíduos, verificando os aspectos positivos e as lacunas destes sistemas de gerenciamento.

5.1 Procedimentos metodológicos da análise bibliométrica

O método de pesquisa empregado foi o bibliográfico de forma estruturada com abordagem quantitativa. A Figura 15 apresenta o fluxograma com o resumo das etapas desenvolvidas para realização da análise bibliométrica. O refinamento da busca pode ser observado na Tabela 4.

Figura 15: Etapas da análise bibliométrica



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

A busca retornou 195 publicações, porém, foram consideradas apenas as publicações de artigos em *journals*, restando 135 publicações, as quais foram empregadas na análise bibliométrica. Na seção de classificação foram excluídos os trabalhos que não possuíam citações, restringindo esta etapa ao número de 113 publicações.

Tabela 4: Seleção dos artigos na base Scopus

Palavras-chave	Operadores lógicos	Publicações	Artigos publicados em <i>journals</i> utilizados na análise bibliométrica	Artigos utilizados na classificação
Quantidade de artigos				
Construction, demolition, waste, management	AND	195	135	113
Munic*, local, town, city	OR			

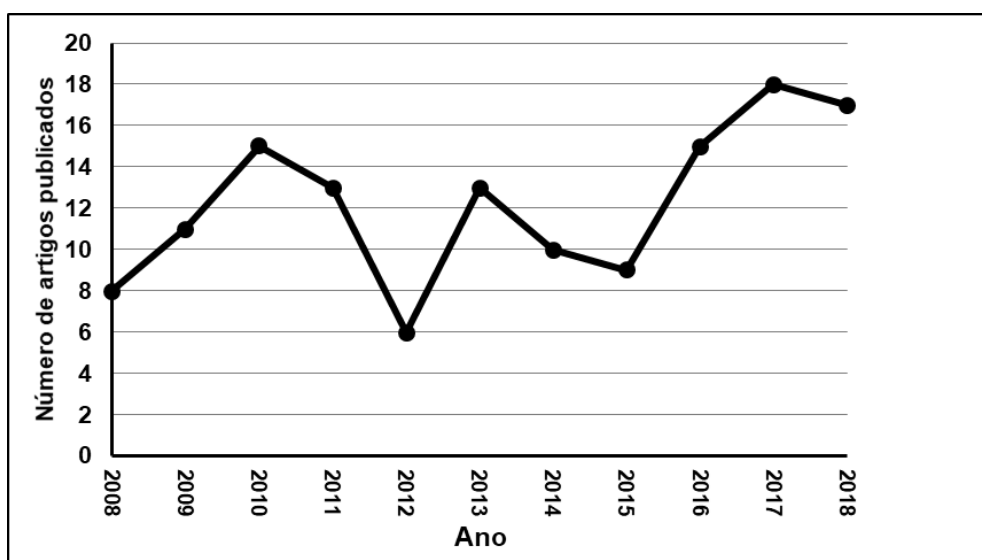
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020

As palavras-chave foram definidas em dois conjuntos: o primeiro conjunto com os termos “*construction*”, “*demolition*”, “*waste*” e “*management*” empregando o operador lógico “*AND*”. No segundo conjunto foram empregados os termos “*munic**”, “*local*”, “*town*”, e “*city*”, empregando o operador lógico “*OR*”. A busca considerou as publicações entre os anos 2008 e 2018.

5.2 Discussão da análise bibliométrica

A Figura 16 apresenta o número de publicações ao longo do período pesquisado.

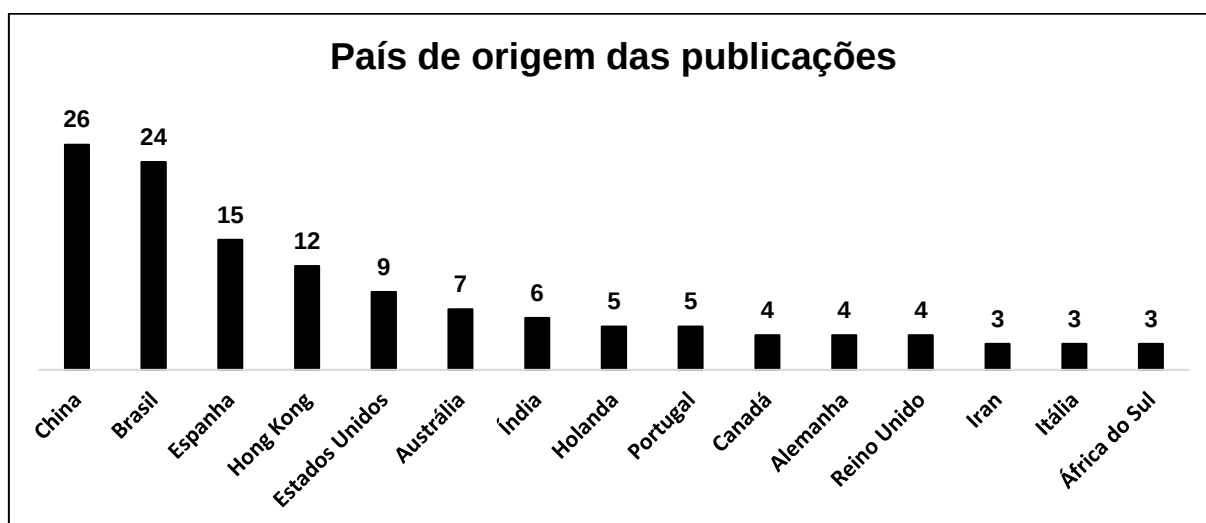
Figura 16: Publicações entre os anos 2008 e 2018



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

A média é de 12 trabalhos por ano, com declínio no número de publicações no ano 2012. Percebe-se um incremento nos dois últimos anos da série, alcançando o máximo de publicações (18 no total) no ano 2017.

Na Figura 17 consta a distribuição do número de trabalhos pelo país de origem, limitado aos que possuem no mínimo três publicações, resultando em 15 países. A presença de dois países emergentes na liderança do ranking pode ser justificada pela expansão econômica principalmente da China, que impulsionou a atividade da construção civil, aumentando a geração de resíduos, o que demandou o desenvolvimento de soluções para amenizar seus impactos ambientais (YUAN, 2017; WU, YU; SHEN, 2017).

Figura 17: Ranking de origem das publicações

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Uma das formas mais comuns de avaliar a importância de cada publicação científica é seu número de citações (FIORINI; JABBOUR, 2017). A Tabela 5 apresenta o ranking dos 10 principais artigos. Destaca-se o trabalho de Marinkovic et al. (2010) na primeira posição com 217 citações. Neste trabalho os autores realizaram uma avaliação ambiental do uso de agregado natural e do uso de agregado reciclado na produção de concreto.

Na Figura 17 verificou-se que o Brasil é o segundo país com maior número de publicações, porém na Tabela 5, verifica-se que os autores nacionais não possuem artigos classificados entre os 10 trabalhos mais citados.

Tabela 5: Ranking dos 10 artigos mais citados

Autor (ano)	Número de citações no Scopus
Marinković S. et al. (2010)	217
Blengini G.A., Garbarino E. (2010)	117
Cheng J.C.P., Ma L.Y.H. (2013)	112
Zhao W., Leefink R.B., Rotter V.S. (2010)	104
Lu W. et al. (2011)	103
Staley B.F., Barlaz M.A. (2009)	98
Wu et al. (2014)	98
Lu W., Yuan H. (2010)	93
Vegas I. et al. (2008)	81
Roussat N., Dujet C., Méhu J. (2009)	77

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Dentre os autores brasileiros com trabalhos mais citados estão Contreras et al. (2016) com 64 citações, Penteado e Rosado (2016) com 26 citações e Nagali (2013) com 14 citações.

Na Tabela 6, pode-se observar o ranking dos autores com o maior número de publicações e seus respectivos países, considerando apenas aqueles com no mínimo 3 publicações, destacando-se os autores Andrés, Nagalli e Wang na primeira posição com 4 trabalhos cada um.

Tabela 6: Ranking dos autores com mais trabalhos publicados

Autor	País	Número de artigos publicados
Andrés, A.	Spain	4
Nagalli, A.	Brazil	4
Wang, J.	China	4
Cheng, J.C.P.	China	3
Coelho, A.	Portugal	3
Dosal, E.	Spain	3
Poon, C.S.	China	3
Viguri, J.	Spain	3

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Na Tabela 7 são apresentados os termos (palavras-chave) mais empregados nos trabalhos.

Tabela 7: Ranking das 10 palavras-chave mais citadas

Palavras-chave	Número de artigos
Waste Management	96
Demolition	81
Recycling	67
Construction and Demolition Waste	61
Waste Disposal	43
Construction Industry	38
Municipal Solid Waste	35
Landfill	29
Construction And Demolition	27
Construction	25

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

O ranking da Tabela 8 mostra os periódicos com o maior número de publicações, sendo considerado apenas aqueles que contém no mínimo 5 trabalhos.

Tabela 8: Ranking dos periódicos com maior número de publicações

Periódico	Número de artigos
Resources Conservation and Recycling	19
Waste Management	17
Waste Management and Research	10
Journal of Cleaner Production	6
Eletronic Journal of Geotechnical Engeneering	5
Wit Transactions on Ecology and the Environmen	5

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

O periódico mais importante foi *Resources Conservation and Recycling* com 19 publicações, seguido por *Waste Management* e *Waste Management and Research*. Esta classificação é a mesma observada na pesquisa de Ghafourian et al. (2016), que analisou os 100 artigos mais importantes sobre gerenciamento de resíduos da construção civil, evidenciando a importância destes periódicos para o tema.

5.3 Classificação dos artigos selecionados

Após a leitura, estes artigos foram classificados em três grupos: método de pesquisa, objeto de estudo e foco na cadeia produtiva (Tabela 9).

Tabela 9: Estrutura da classificação dos artigos

	Método de Pesquisa	Objeto de Estudo	Foco na cadeia produtiva
CLASSIFICAÇÃO	Estudo de caso	Avaliação ambiental	Gerador
	Experimental	Avaliação técnica	Destinação
	Revisão bibliográfica	Avaliação econômica	Disposição final
	Survey	Avaliação ambiental/técnica	Sistema geral
		Avaliação ambiental/econômica	
		Avaliação técnica/econômica	
		Emissão/Poluição	
		Gestão/Gerenciamento	
		Quantificação da geração	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Na classificação do objeto de estudo buscou-se identificar a tendência dos problemas e objetivos abordados nos trabalhos. Este grupo foi classificado em 9 categorias, as quais são explicadas a seguir:

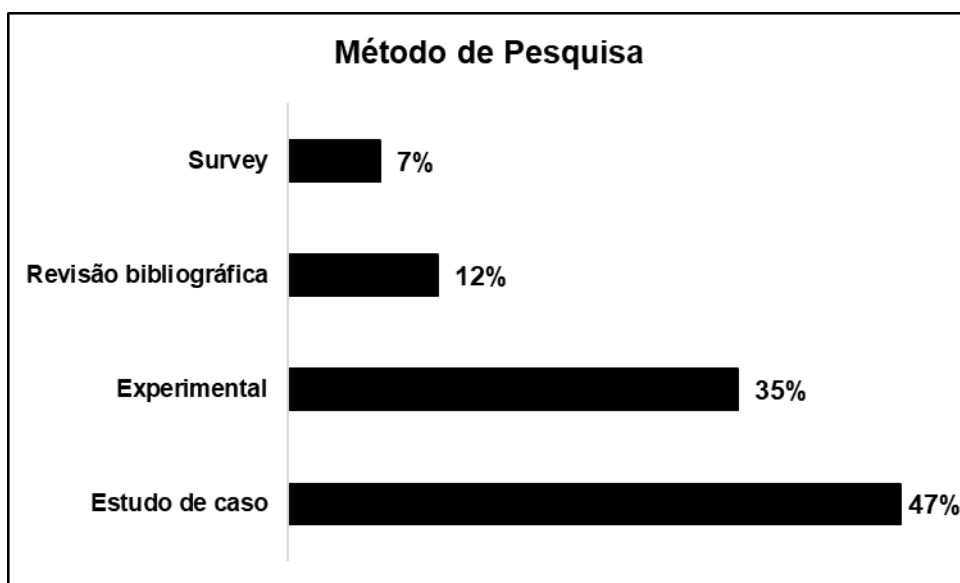
- a) Avaliação ambiental: trabalhos com o objetivo de verificar os impactos ambientais do gerenciamento de RCC nos canteiros de obra, na coleta e transporte dos resíduos, englobando ainda o processo de reciclagem e reaproveitamento. Destaca-se que a avaliação inclui ainda a Análise de Ciclo de vida (ACV) destes sistemas;
- b) Avaliação técnica: trabalhos com objetivo de avaliar a qualidade, o desempenho, a resistência, a durabilidade e aceitação pelos consumidores dos materiais obtidos com por meio da reutilização e reciclagem dos RCC;
- c) Avaliação econômica: foram identificados os trabalhos que realizaram a análise de viabilidade econômica e financeira de projetos de investimentos no gerenciamento de RCC e nas instalações de reciclagem;
- d) Emissão/Poluição: Trabalhos que identificaram os impactos como a emissão de poluentes, contaminação de águas subterrâneas e riscos à saúde pública na cadeia da construção civil, desde a extração dos recursos naturais até a disposição final dos resíduos. Inclui-se nesta categoria os impactos negativos da emissão e poluição nas obras sem critérios de gerenciamento e principalmente dos locais já contaminados, como áreas de destinação e disposição irregular de resíduos.
- e) Gestão/gerenciamento: Artigos que descrevem a gestão e o gerenciamento de RCC em etapas ou em toda cadeia produtiva da construção civil. São incluídos aqui a gestão e o gerenciamento no âmbito público (municípios) e privado (geradores no canteiro de obras).
- f) Quantificação da geração de resíduos: trabalhos que tem como objetivo quantificar a geração de RCC nos canteiros de obras ou nos pontos de destinação e disposição final de resíduos. Considera também a criação, avaliação e teste de modelos de quantificação de RCC.

O terceiro grupo de classificação busca identificar em qual fase da cadeia produtiva da construção civil os estudos estão focados, sendo divididos em 4 categorias:

- a) Gerador: Artigos focados no gerador de resíduos, como por exemplo nas demolições e nos canteiros de obras;
- b) Destinação: Trabalhos focados na destinação dos RCC envolvendo o transporte, as áreas de Transbordo e Triagem (ATT), tratamento, reciclagem e reutilização destes resíduos;
- c) Disposição final: Artigos com foco no estudo das áreas de disposição final como por exemplo os aterros de RCC;
- d) Sistema geral: Trabalhos focados no sistema geral de gerenciamento dos RCC, desde a geração dos resíduos nas obras, incluindo a coleta, o transporte, o tratamento e a reciclagem até a disposição final em aterros.

A Figura 18 apresenta a classificação dos artigos pesquisados em função do método de pesquisa empregado.

Figura 18: Métodos de pesquisa



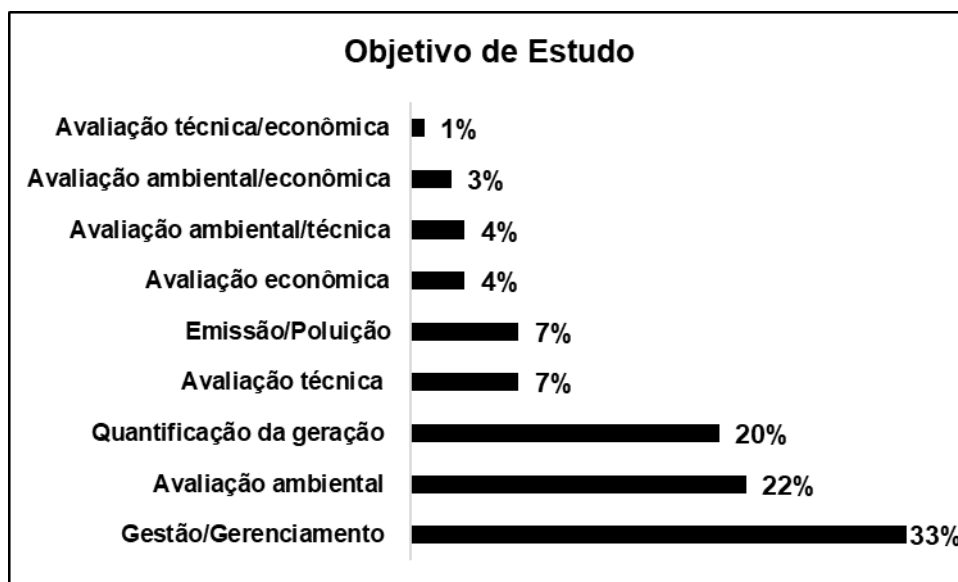
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

O método de pesquisa predominante é o Estudo de Caso, representando 47% da frequência dos trabalhos. O emprego deste método pode ser justificado pela delimitação das unidades onde são desenvolvidos os estudos: nos canteiros de obra, nas localidades (cidades ou regiões), e ainda os pontos de destinação e disposição final de resíduos.

A Figura 19 aborda a classificação dos objetivos de estudo dos 113 trabalhos

selecionados. A maior frequência está na gestão e gerenciamento de RCC representando 33% dos trabalhos.

Figura 19: Objetivos de estudo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

De acordo com Yuan (2017) e Wu, Yu e Shen (2017), o crescimento econômico observado pela China nos últimos 20 anos gerou profundas transformações em várias regiões deste país e intenso incremento na atividade da construção civil, demandando o desenvolvimento de soluções para minimizar os impactos ambientais desta expansão, o que pode explicar o interesse por este objeto de estudo.

Ainda quanto aos objetivos de estudo, tem-se na segunda posição a avaliação ambiental, totalizando 22% dos trabalhos. Destaca-se que 22 trabalhos empregaram a Análise de Ciclo de Vida (ACV), onde buscou-se avaliar os impactos ambientais na cadeia da construção civil.

Os artigos de maior relevância neste contexto foram de Marinković et al. (2010), que empregaram a ACV para avaliar o uso de concreto produzido com brita reciclada e o trabalho de Blengini e Garbarino (2010), que avaliou os impactos ambientais no transporte dos agregados reciclados. Estes são os dois trabalhos com maior número de citações observadas durante a análise bibliométrica.

Os trabalhos que têm como objetivo a quantificação dos RCC aparecem na terceira posição, totalizando 20% das publicações. Estes trabalhos avaliam os modelos de mensuração do volume de resíduos gerados durante a cadeia produtiva da construção civil, para em sequência, planejar os recursos necessários com foco no

seu gerenciamento, conforme destacado nos trabalhos de Cheng e Ma (2013), Li et al. (2013) e Wu et al. (2014).

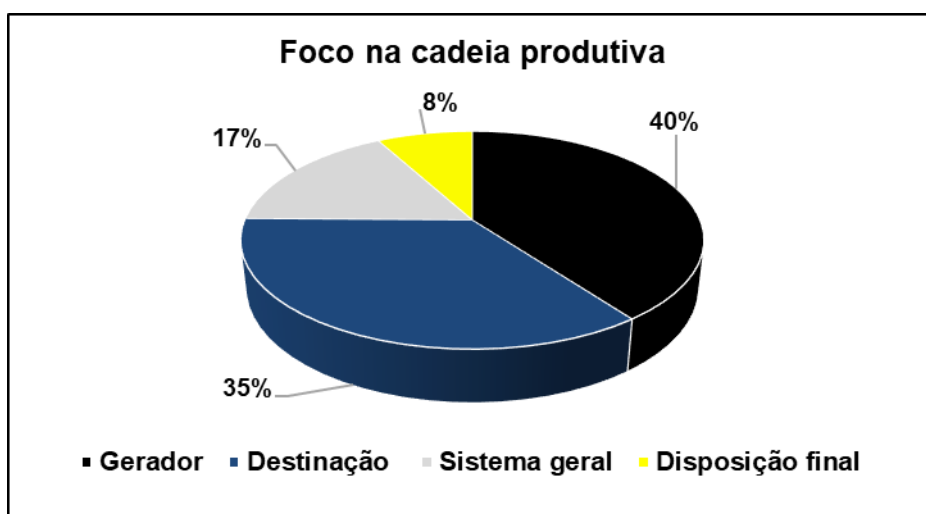
Finalizando a classificação dos artigos, buscou-se identificar o foco dos trabalhos na cadeia produtiva dos RCC (Figura 20). Verificou-se que o foco principal é centrado no gerador de resíduos, que representa 40% dos estudos.

Estes estudos buscaram analisar, testar, desenvolver e discutir métodos de construção e demolição, verificando aspectos técnicos, ambientais e principalmente a quantificação de resíduos nestes canteiros de obra, a exemplo dos trabalhos de Li et al. (2013), que aplicou a ACV em projetos construtivos residenciais e Coelho e Brito (2011), que através de um estudo de caso, analisou dois processos de demolição nos canteiros de obras.

Na segunda posição, tem-se o foco na destinação final, com 35% da frequência dos trabalhos. Neste caso, os artigos buscaram analisar a coleta, o transporte e os métodos de triagem, tratamento e reciclagem dos RCC, avaliando os aspectos técnicos, ambientais e econômicos.

Neste contexto, o trabalho de Coelho e Brito (2013) analisou o consumo de energia e a emissão de CO₂ em uma planta de reciclagem na cidade de Lisboa em Portugal e o artigo de Simon e Keldenich (2012), que avaliou o tratamento térmico na reciclagem de RCC.

Figura 20: Foco na cadeia produtiva



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Nota-se que apenas 17% dos trabalhos estão focados no gerenciamento geral da cadeia dos resíduos da construção civil, o que evidencia a necessidade do maior desenvolvimento de estudos orientados ao sistema de manejo, principalmente no âmbito municipal. Esta necessidade é evidenciada também por Antonopoulos et al. (2014); Bing et al. (2016); Soltani et al. (2015). Finalizando, somente 8% dos estudos foram orientados aos aterros (Disposição final).

5.4 Síntese da análise bibliométrica e classificação dos artigos

Foram registrados neste estudo 135 artigos publicados em *journals* e indexados na base *Scopus*. No período abrangido pela pesquisa, entre os anos 2008 e 2018, houve um incremento de publicações, sendo que o maior número de trabalhos foi observado na China e Brasil, com 26 e 24 publicações respectivamente.

O trabalho de Marinkovic et al., publicado no ano 2010, é o artigo mais referenciado, alcançando 217 citações e a palavra-chave mais empregada é *waste management*, observada em 96 artigos. O periódico com maior volume de publicação é o *Resources Conservation and Recycling* com 19 trabalhos.

Na fase de classificação dos artigos foram considerados 113 trabalhos, pois foram excluídos os artigos que não receberam citação na base *scopus*. O método de pesquisa mais empregado, representando 47% da frequência é o estudo de caso.

Na identificação dos objetivos verifica-se que 33% dos trabalhos tratam de temas relacionados à gestão e gerenciamento dos RCC, e a maior frequência dos estudos na cadeia dos RCC está centrado no gerador de resíduos, representando 40% dos trabalhos. Destaca-se que apenas 17% dos trabalhos focaram pesquisas no sistema geral de gerenciamento de RCC, que considera desde a geração até a disposição final dos resíduos.

5.4.1 Modelagem de processos no gerenciamento de resíduos sólidos

Nesta seção são apresentados trabalhos que utilizaram técnicas de modelagem e mapeamento de processos no gerenciamento de resíduos sólidos. Foi realizada uma busca de trabalhos na base *scopus* e *google scholar*, com os termos *process mapping*, *process modeling*, *waste management* e *demolition and construction waste management*. O objetivo inicial foi identificar o emprego destas

técnicas no gerenciamento municipal de resíduos da construção civil, porém, não foram encontrados estudos correlatos ao tema.

O estudo mais próximo foi desenvolvido por Ming Lu, Poon e Wong (2006), que utilizou a modelagem de processos para desenvolver uma metodologia de segregação de resíduos diretamente em canteiros de construção. Os autores realizaram a simulação e modelagem de um sistema que identificou a melhor alternativa para segregação dos RCC, considerando o custo benefício desta ação. O foco dos demais trabalhos foi em outras classes de resíduos. A síntese com os 16 estudos levantados pode ser verificada no Quadro 11.

Quadro 11: Síntese da pesquisa sobre aplicação da modelagem e mapeamento de processos no gerenciamento de resíduos sólidos

Autores	Título	Objetivos
Nogueira e Castilho, 2016	Resíduos de serviços de saúde: mapeamento de processo e gestão de custos como estratégias para sustentabilidade em um centro cirúrgico	Mapear e validar os subprocessos do manejo de Resíduos de Serviços de Saúde (RSS) em um centro cirúrgico, possibilitando calcular o custo de materiais e otimização dos processos
Nunes, Mann e Araújo, 2016	Aplicação das ferramentas de gestão: Mapeamento Estratégico e Matriz SWOT em organizações da economia solidária: estudo de caso na Cooperativa de Resíduos Eletrônicos de Niterói – RJ	Aplicar ferramentas de gestão, incluindo o mapeamento de processos em uma cooperativa de resíduos eletrônicos
Zubov, Domnitskiy e Kargin, 2015	Cálculo e escolha dos parâmetros para manipulador de equipamento coletor em caminhão coletor de lixo	Modelagem de processo de equipamento mecânico coletor de lixo, visando melhorar o projeto de desenvolvimento de novos produtos.
Aydiner et al., 2014	Viabilidade técnico-econômica de sistemas inovadores de membranas na recuperação de água e massa de efluentes de laticínios	Modelagem visando identificar a viabilidade técnica e econômica de sistemas inovadores para tratamento de efluentes na área de laticínios
Pereira, 2014	Microplásticos no ambiente marinho: mapeamento de fontes e identificação de mecanismos de gestão para minimização da perda de pellets plásticos	Mapear e entender os diferentes processos de perda dos microplásticos para o meio ambiente, visando o desenvolvimento de orientações capazes de levar a redução desta perda.
Berzl et al., 2013	Pesquisa de campo e modelização de processos de tratamento de veículos em fim de vida no contexto de instalações de tratamento autorizadas na Itália	Mapeamento dos processos de reciclagem de veículos desativados na Itália, visando a melhora do processo
Saidelles et al., 2012	Gestão de resíduos sólidos na indústria de beneficiamento de arroz	Mapeamento das perdas e modelagem de processo para minimizar a geração de resíduos em uma indústria de beneficiamento de arroz

Severoa, 2011	Produção mais limpa, inovação em processo e benefício ambiental: um estudo de caso em uma indústria do polo metalmeccânico da serra gaúcha	Mapeamento e modelagem de processos visando reduzir a geração de resíduos e perdas em uma indústria metalmeccânica
Lima, Lobato e Leal, 2011	Aplicação do IDEF-SIM na modelagem conceitual de processos de seleção de resíduos sólidos urbanos	Aplicação da técnica de mapeamento IDEF-SIM na modelagem conceitual do processo de seleção de RSU, com objetivo de identificar restrições e racionalizar o trabalho em uma associação de catadores de materiais recicláveis
Lobato e Lima, 2010	Caracterização e avaliação de processos de seleção de resíduos sólidos urbanos por meio da técnica de mapeamento	Mapeamento e avaliação dos processos de seleção de RSU em uma associação de catadores de materiais recicláveis a fim de identificar os gargalos e propor melhorias
Campos, 2009	A reciclagem como empreendedorismo: fonte de transformação socioeconômica e ambiental	Demonstrar o mapeamento dos processos de reciclagem e as possibilidades de melhorias na eficiência, visando uma melhor qualidade de vida dos trabalhadores de uma associação de catadores
Ijomah, 2008	Uma ferramenta para melhorar o treinamento e a eficácia operacional na remanufatura	Modelar um processo referência para remanufaturar produtos usados visando a melhoria da qualidade
Argenta et al., 2007	Alternativas de melhorias no processo produtivo do setor moveleiro de Santa Maria/RS	Mapeamento do processo produtivo verificando aspectos que ocasionam prejuízos ao meio ambiente na indústria moveleira, levando em consideração o fluxo de entrada, transformação e saída no desenvolvimento dos produtos acabados
Ming Lu, Poon e Wong, 2006	Estrutura de aplicação para mapeamento e simulação de processos de triagem de resíduos de construção.	Criar uma modelagem de processos para triagem de resíduos da construção diretamente no canteiro de obras
Kremer, Goldhan e Heyde, 1998	Inventário de ciclo de vida de produtos em tratamento de resíduos	Modelagem do sistema de tratamento de resíduos por incineração e por disposição em aterro para avaliar os impactos ambientais
Petrides et al., 1995	Uma ferramenta de informática para análise e avaliação de processos de recuperação, tratamento e eliminação de resíduos	Modelagem de um software que tem a capacidade de realizar avaliação da recuperação, tratamento e disposição final de resíduos sólidos

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Zubov, Domnitskiy e Kargin (2015) mapearam a operação de carregamento mecânico lateral de um caminhão coletor de RSD. Neste estudo buscou-se indentificar as oscilações mecânicas do chassi do veículo e do equipamento de coleta. Como

resultado, foi proposto um novo projeto de construção do equipamento coletor, otimizando o processo de carregamento lateral dos resíduos.

Berzi et al. (2013) estudaram 10 instalações na Itália que funcionam como centros de desmontagem e reciclagem de veículos que chegaram ao final de sua vida útil. No primeiro momento da pesquisa os autores mapearam os processos de desmontagem e reciclagem e na sequência, realizaram a modelagem de um novo *layout* das instalações visando a melhoria da gestão do sistema.

O trabalho desenvolvido por Lobato e Lima (2010) apresentou os resultados da aplicação da técnica de mapeamento para a caracterização e avaliação dos processos de seleção dos RSU, desenvolvidos nas instalações de uma associação de catadores de materiais recicláveis. O mapeamento como ferramenta gerencial, possibilitou a visualização dos processos em diferentes escalas, o relacionamento entre as atividades e o cruzamento de fluxo (transporte) dentro do galpão de operações.

Os autores Lima, Lobato e Leal (2011) aplicaram a técnica de mapeamento IDEF-SIM na modelagem conceitual do processo de seleção de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU), no município de Itajubá – MG. Como resultado, os autores desenvolveram um modelo conceitual que possibilitou a percepção dos gargalos de produção, o qual foi possível realizar a simulação de processos a fim de racionalizar o trabalho e obter ganhos em produtividade.

6 PANORAMA DO GERENCIAMENTO DE RCC NO ESTADO DE SÃO PAULO

O Estado de São Paulo é localizado na região Sudeste do Brasil e representa a maior economia do país, responsável por 32,1% do PIB brasileiro. Com 645 municípios, possui ainda a maior população entre as unidades federativas com cerca de 43,9 milhões de habitantes (SEADE, 2018). Dentre as demandas sociais e as diversas responsabilidades presentes nestes municípios, o adequado manejo dos resíduos sólidos é um desafio para os gestores públicos.

Os dados e as informações atualizadas sobre as variáveis que permeiam o manejo dos resíduos, com destaque para os RCC, são fundamentais para possibilitar o adequado dimensionamento dos fatores financeiros, ambientais e humanos, necessários ao gerenciamento desta classe de resíduos (BERNARDO; GOMES; BRITO, 2016).

Porém, pesquisas realizadas em nível nacional apontam que as informações sobre os RCC, tanto quantitativas como qualitativas, apresentam defasagem e grande discrepância, o que é confirmado também pelas estatísticas de órgãos oficiais (KLEIN; GONÇALVES-DIAS; JAYO 2018; LU; YUAN, 2011).

Yuan (2011) destaca que este resultado negativo é atribuído aos sistemas estatísticos deficientes, principalmente nos países emergentes, e consequentemente resultam em um volume de dados incapazes de gerar novos estudos para o desenvolvimento de soluções adequadas ao manejo de resíduos.

Um estudo realizado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) em 2012, traz um levantamento sobre a gestão dos RCC em nível nacional, incluindo o Estado de São Paulo, utilizando como fonte o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Porém, tal estudo contemplou os dados do ano 2008, representando uma defasagem de 12 anos em relação ao ano corrente.

Diante desta defasagem foi realizado nesta seção um panorama atualizado da gestão e gerenciamento dos RCC nos municípios do Estado de São Paulo, com dados do SNIS referentes ao ano 2018, com foco nas seguintes informações: identificar os sistemas de coleta e transporte, o volume coletado e os métodos de destinação e disposição final destes resíduos.

De acordo os dados do SNIS (2018), 373 municípios informaram possuir o PMSB, sendo que em 232 destes planos, é contemplado o componente resíduos sólidos. No SNIS não é possível identificar quais localidades possuem plano

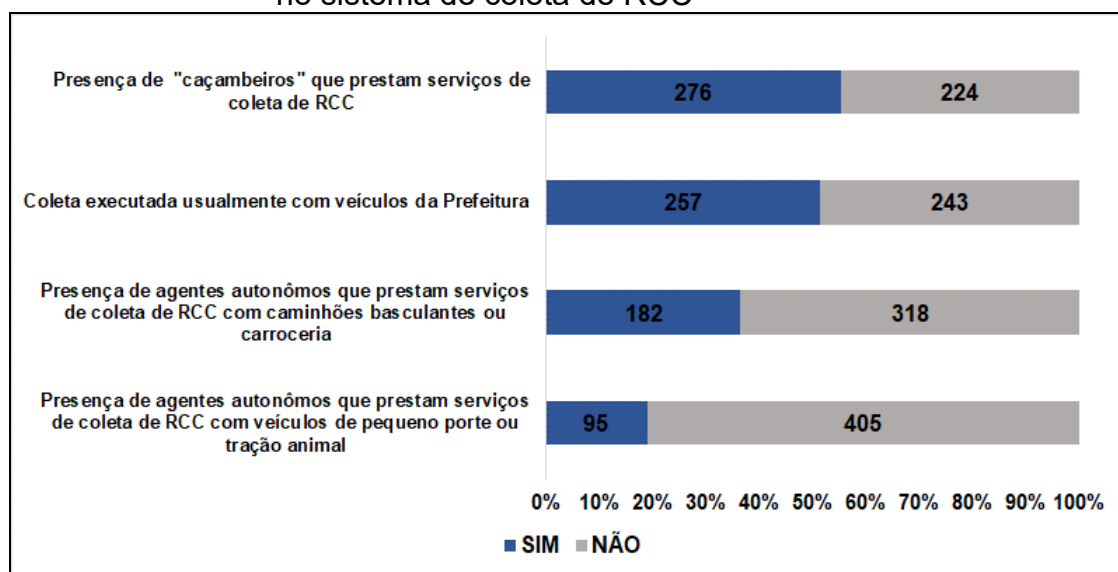
específico de gestão de resíduos da construção civil, porém, 377 municípios (58,45% dos municípios do Estado) relataram possuir o PMGIRS.

6.1 Sistema de Coleta e Transporte

No ano 2018, cerca de 500 municípios submeteram dados sobre o sistema de coleta e transporte de RCC ao SNIS, representando respectivamente 77,52% das cidades, e 96,63% da população do Estado de São Paulo.

Em 276 municípios (55,2% das cidades analisadas), o serviço é realizado por empresas especializadas utilizando caminhões poli guindastes, conhecidos popularmente como “caçambeiros”. A Figura 21 demonstra quais equipamentos e veículos estão presentes neste tipo de serviço com o respectivo número de municípios.

Figura 21: Equipamentos e veículos utilizados pelos municípios no sistema de coleta de RCC



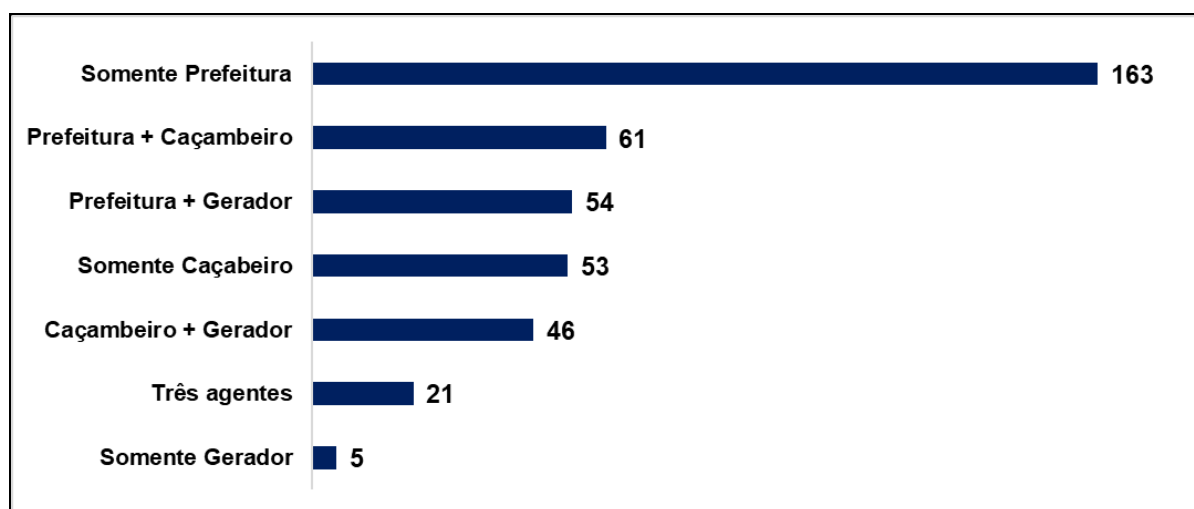
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

A prefeitura municipal executa usualmente a coleta diferenciada de RCC com veículos próprios em 257 municípios, o que representa 51,4% das localidades pesquisadas. Não é possível, através do SNIS, distinguir qual o volume coletado em áreas públicas daqueles coletados em áreas particulares. Destaca-se que em 49 municípios a prefeitura municipal cobra pelo serviço de remoção e coleta destes resíduos.

Observa-se em 182 municípios que este serviço é desenvolvido por caminhões basculantes ou carroceria, e apenas 95 municípios relataram que a coleta e transporte é realizada por veículos de pequeno porte ou por tração animal.

Buscou-se ainda identificar quem são os agentes executores responsáveis pelo serviço de coleta (Figura 22). Em 163 municípios somente a prefeitura municipal realiza esta atividade, possivelmente os municípios de pequeno porte.

Figura 22: Agentes executores da coleta e número de municípios



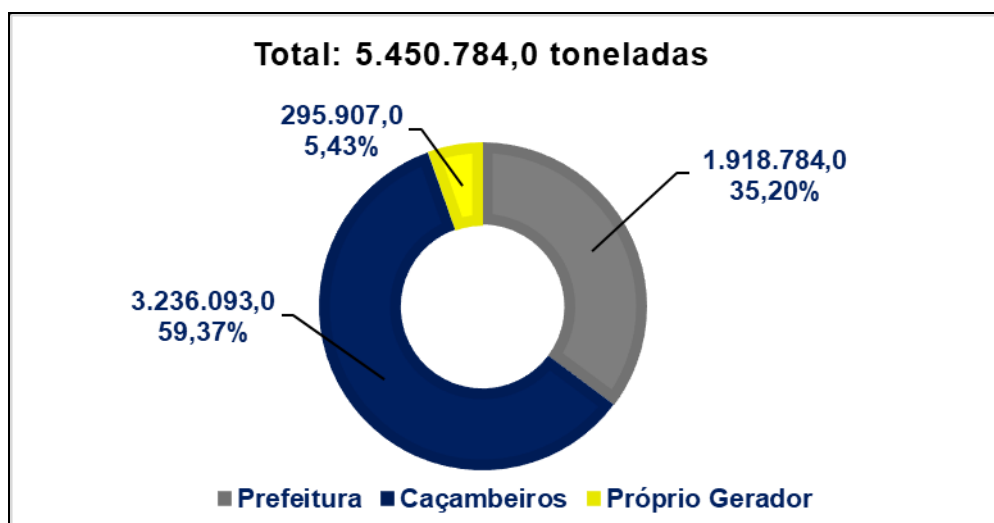
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Em 53 localidades, o serviço é realizado somente por caçambeiros e em 21 municípios a coleta é realizada pelos três agentes executores.

6.2 Volume Coletado

Dos 645 municípios do Estado de São Paulo, 340 participaram enviando dados ao SNIS com informações quantitativas sobre a coleta de RCC, representando 52,71% do Estado. Esta parcela representa 34,5 milhões de habitantes ou 78,63% da população total.

O total coletado nos municípios foi de 5,4 milhões de toneladas (Figura 23), o que resulta no valor per capita de 158 kg/hab./ano. Projetando este valor per capita para a totalidade da população do Estado, estima-se que foram coletadas 6,9 milhões de toneladas de RCC.

Figura 23: Total coletado de RCC por agente executor no ano 2018

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Apesar dos resultados quantitativos indicarem uma orientação quanto à gestão dos RCC nos municípios paulistas, tem-se aqui um problema evidente: o distanciamento entre a informação sobre o volume de RCC coletado e o volume efetivamente gerado nos centros urbanos.

A Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA) considerou no Plano Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos no ano 2014 a geração per capita de 510,0 kg/hab./ano. Considerando a população residente nos 340 municípios pesquisados e aplicando a taxa per capita de geração de RCC apontada pela SMA, estima-se que foram geradas nestas localidades 17,6 milhões de toneladas. Contudo, os dados extraídos do SNIS indicaram que foram coletados 5,4 milhões de toneladas, o que representa apenas 30,9% do total gerado nesta classe de resíduos.

Os números mostram a dificuldade da pesquisa em abranger o Estado de São Paulo em sua totalidade, uma vez que 305 municípios não informaram seus dados sobre a quantidade coletada de RCC. Desta maneira, é impossível afirmar com os dados existentes, se estes municípios não possuem o serviço de coleta de RCC ou se os agentes públicos responsáveis pela área de resíduos simplesmente desconhecem o volume coletado, inexistindo a possibilidade de informar ao SNIS.

Este cenário deixa evidente a diferença que prevalece entre a quantidade coletada e a quantidade gerada de resíduos, que podem ser atribuídas às seguintes possibilidades:

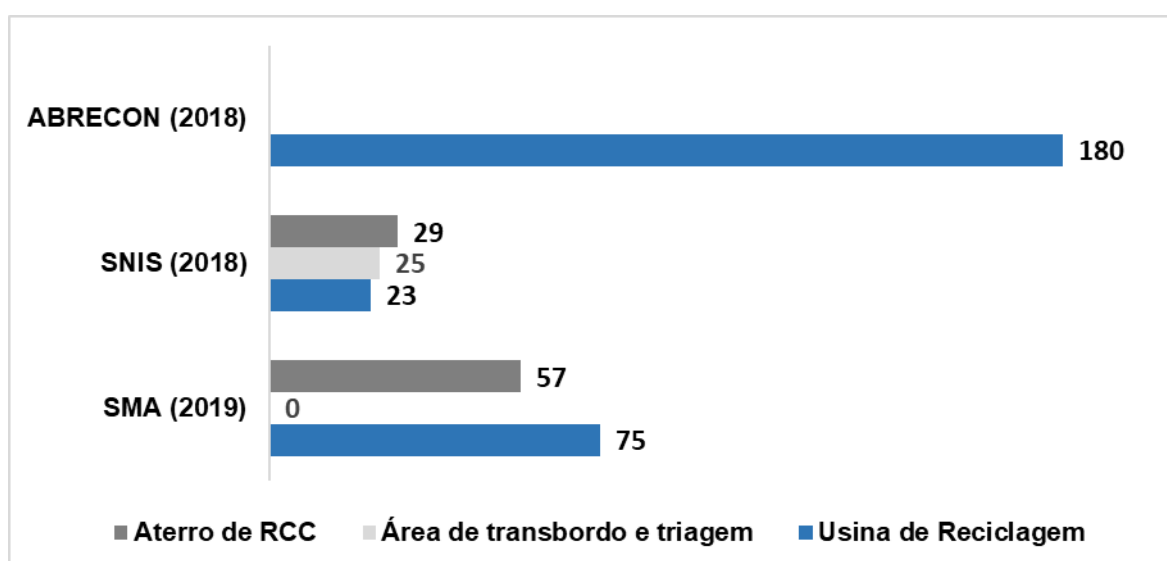
- Ineficiência do serviço de coleta e transporte de entulho nos centros urbanos;
- Ausência de fiscalização por parte do poder público, que resulta no descarte irregular dos RCC em locais clandestinos;
- Inconsistência das informações encaminhadas pelos agentes públicos municipais ao SNIS.

6.3 Destinação e Disposição Final

Existem duas possibilidades de destinação final dos RCC de acordo com a resolução CONAMA nº 307/2002: em Áreas de Transbordo e Triagem (ATT) e em Usinas de reciclagem. Ainda de acordo com a resolução, na fase de disposição final, tem-se o envio e acondicionamento em aterros licenciados para RCC. A pesquisa identificou que apenas 11,94% dos municípios informaram possuir algum tipo de destinação ou disposição final dos resíduos.

Em função do reduzido valor observado, buscou-se duas fontes adicionais de dados (ABRECON e SMA) para comparar as informações do SNIS. Verifica-se o distanciamento considerável entre os números, os quais são observados na Figura 24.

Figura 24: Formas de destinação/disposição de RCC e número de instalações



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

De acordo com os dados do SNIS (2018) foi diagnosticado a existência de 23 usinas de reciclagem, valor bem distante aos verificados em outras fontes: 180 unidades de acordo com dados da ABRECON (2018) e 75 unidades licenciadas de acordo com a SMA (2019). A disposição de resíduos ocorre em 29 áreas licenciadas para aterro de RCC (SNIS, 2018), contra 57 unidades segundo dados da SMA (2019).

As diferenças observadas entre as três fontes de dado podem ser dadas em função dos aspectos:

- Definição incorreta das áreas que podem ser classificadas como de transbordo e triagem pelos gestores responsáveis pelas informações, tanto no SNIS quanto nas demais fontes;
- Ausência das licenças ambientais, o que pode reduzir a resposta afirmativa de existência de algum tipo de unidade de destinação ou disposição final dos RCC;
- Inconsistência das informações encaminhadas pelos agentes públicos municipais ao SNIS.
- As diferenças podem novamente ser atribuídas, assim como na análise das informações da coleta de RCC, às diversas metodologias de obtenção dos dados estatísticos (KLEIN; GONÇALVES-DIAS; JAYO 2018).

6.4 Síntese do panorama de gerenciamento

O sistema de coleta e transporte dos RCC realizado por agentes privados de coleta (caçambeiros) está presente em 52,2% dos municípios analisados. A prefeitura municipal é o único agente executor da coleta em 163 localidades, o que representa 32,6% das municípios. Foram coletados cerca de 5,4 milhões de toneladas de RCC, que resulta no valor per capita de 158,0 kg/hab./ano. Ao projetar-se este valor para todo estado de São Paulo tem-se o total de 6,9 milhões de toneladas.

O SNIS demonstrou ser uma importante fonte de dados para planejamento das ações de coleta e transporte, porém, a adesão dos municípios submetendo suas informações ainda é inadequada, principalmente quanto as variáveis quantitativas, havendo a necessidade de maior participação dos mesmos, pois somente 340 localidades enviaram os dados desta natureza ao SNIS.

Outro aspecto importante é a discrepância dos resultados quanto a destinação

e disposição final dos resíduos obtidos por meio do SNIS quando comparados a outras fontes de dados oficiais como ABRECON e SMA, o que evidencia a dificuldade em obter-se estatísticas adequadas dos RCC. O panorama sobre a gestão e gerenciamento dos RCC nos municípios do estado de São Paulo apresentado neste trabalho pode auxiliar os gestores municipais que ainda buscam adequação as regras estabelecidas pela PNRS. Porém, cada município deve observar suas particularidades, principalmente no diagnóstico dos RCC.

7 DESENVOLVIMENTO DO *FRAMEWORK* APLICADO A MODELAGEM DE PROCESSOS NO GERENCIAMENTO MUNICIPAL DE RCC

Este capítulo contempla o desenvolvimento do *framework* identificando as etapas e ações necessárias para realizar modelagem (*As-Is*) e a modelagem (*To-Be*) do gerenciamento municipal de RCC.

7.1 Identificação do *Framework* genérico

Um *framework* pode ser entendido como uma estrutura conceitual composta por processos com diretrizes e práticas realizados no presente visando objetivos futuros, com base em regulamentos, dados, e indicadores, que são utilizados para gerenciar sistemas ou decisões (JOSEY, 2015; TSENG; LEVY, 2019).

Para ser funcional e possuir aplicabilidade prática, um *framework* deve preconizar as premissas identificadas por Belhadi; Touriki e Fezazi (2016), Galan-Muros e Davey (2019) e Ruben; Vinodh e Asokan (2017), as quais são observadas a seguir:

- 1) Apresentar um conjunto de pilares teóricos simplificados e diretrizes práticas;
- 2) Ser auto-explicativo e de fácil de entendimento;
- 3) Ter vínculos claros entre seus elementos ou etapas, podendo ser um modelo circular e não linear;
- 4) Possuir critérios legais e regulatórios;
- 5) Ser geral o suficiente para atender a diferentes contextos;
- 6) Representar um roteiro e uma ferramenta de planejamento que torne o *framework* implementável.

Previamente ao desenvolvimento do *framework* específico, orientado a modelagem do gerenciamento de RCC, foi necessário identificar por meio da revisão de literatura quais são as etapas que compõe um ciclo genérico de modelagem. A revisão ocorreu na seção 2.11 e a síntese com os resultados dos trabalhos e os respectivos autores são observados no Quadro 12.

Quadro 12: Síntese das etapas de modelagem identificadas na revisão de literatura

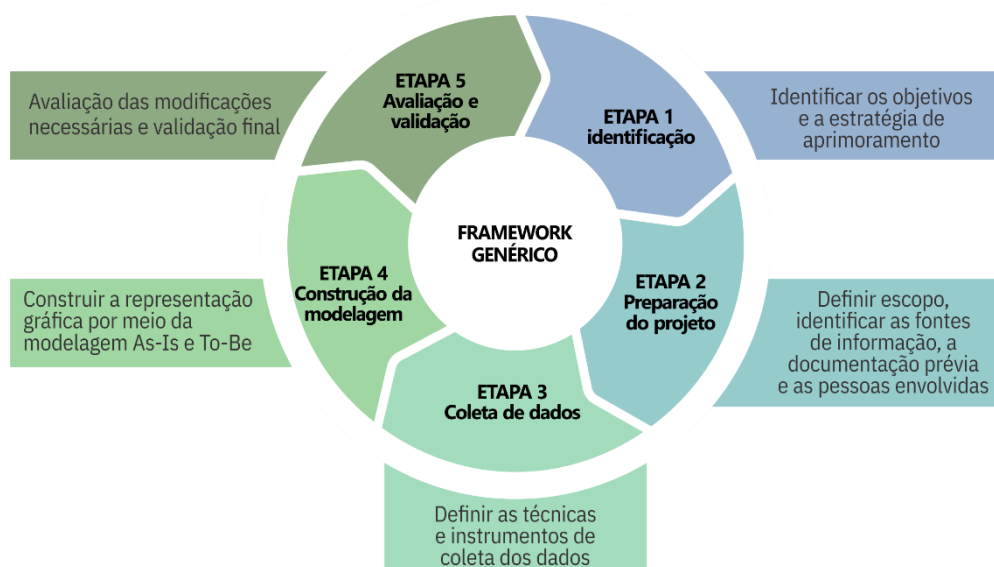
ETAPAS	Definição e identificação	Preparação do projeto	Coleta dos dados	Construção do modelo	Avaliação/validação	Implementação	Publicação
AUTORES							
Wiśniewski; Kluza; Ligęza (2018)		✓	✓	✓	✓		
Jasiulewicz; Kaczmarek et al. (2018)			✓	✓			
Dumas et al. (2018)	✓	✓	✓	✓	✓		
Cavalcanti (2017)			✓	✓	✓		
Gabryelczyk; Kulesza; Rakowska (2017)	✓			✓	✓		
Pietron (2016)	✓			✓	✓	✓	
Chang and Pires (2015)	✓			✓		✓	
Hammer (2015)	✓	✓			✓	✓	
Pinggera (2014)	✓	✓		✓	✓		
Baldam, Valle and Rozenfeld (2014)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Campos (2014)		✓	✓	✓	✓		✓

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Com base na revisão, foi construído o *framework* genérico (Figura 25), composto por cinco etapas. A etapa de "Implementação" foi excluída pois segundo Baldam (2014), essa etapa é aplicada nos trabalhos que visam o desenvolvimento do ciclo completo da modelagem de processo de negócios (BPM), não sendo o foco desta tese.

A etapa de "Publicação" também foi suprimida, pois é mencionada em apenas duas obras e pode ser transferida, segundo os estudos, para a etapa de "Construção da modelagem".

Figura 25: *Framework* genérico da modelagem de processos



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

As três etapas iniciais abordam a questão do planejamento da modelagem com destaque para a Etapa 3, onde são definidas as técnicas e os instrumentos de coleta dos dados. As técnicas de entrevistas, observação direta e análise documental são as mais adequadas para coleta de dados orientadas à modelagem de processos (ABPMP, 2013; JUNIOR; SCUCUGLIA, 2011). Na Etapa 4 ocorre a construção gráfica da modelagem *As-Is* (processos, atividades, e fluxo de informações) e, posteriormente, a modelagem *To-Be*, que aborda as mudanças necessárias para alcançar a melhoria do processo (BALDAM et al., 2014; CAMPOS, 2014).

Na Etapa 5 os diagramas de modelagem construídos são apresentados ao patrocinador, aos gerentes de processos e executores das atividades para avaliação e validação final. Nesta etapa podem ocorrer mudanças e sugestões para melhorar a construção do modelo (BALDAM et al., 2014; JESTON, 2014).

7.2 *Framework* específico

Com base no modelo genérico foi desenvolvido o *framework* específico (Figura 26), que inclui além das 5 etapas básicas, 12 subetapas adaptadas ao contexto do gerenciamento municipal de RCC. Os procedimentos adotados em cada etapa e subetapa são detalhados entre as seções 7.2.1 e 7.3.

Figura 26: Framework específico da modelagem de processos do gerenciamento municipal de RCC



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

7.2.1 Etapa 1.A - Identificação dos objetivos e estratégia

A identificação dos objetivos a serem alcançados com a modelagem de processos está relacionada ao nível de maturidade no gerenciamento de resíduos pré-existente no município. Caso o município não tenha um plano de gestão integrada de resíduos e legislação específica, estes instrumentos podem ser estabelecidos como parte dos objetivos. No entanto, se o local já possui o plano de gestão e os regulamentos, o objetivo será a melhoria geral ou parcial dos processos que compõem o ciclo de gerenciamento.

No campo das estratégias são definidos os aspectos institucionais, legais e financeiros necessários para a implementação das melhorias propostas. Os arranjos institucionais devem destacar quais processos serão realizados pelo poder público municipal e quais serão de responsabilidade do setor privado. Nos aspectos legais é necessário garantir a criação ou adequação das leis municipais que disciplinam o gerenciamento de RCC. Por fim, devem ser identificadas fontes de financiamento para a implementação dos objetivos acima estabelecidos, que podem ser provenientes do orçamento público, porém, o ideal é o estabelecimento de taxas ao setor privado, no contexto do poluidor-pagador.

7.2.2 Etapa 2.A Definição do escopo do ciclo de modelagem

O ciclo completo de modelagem deve considerar todos os processos presentes no fluxo de resíduos, desde a origem (geração), até a disposição final. Dessa forma, o município que pretende realizar um ciclo de modelagem totalmente adequado à resolução CONAMA nº 307/2002, deve incluir em seu escopo os seguintes processos: Geração dos resíduos, Coleta e transporte, Fiscalização dos agentes envolvidos, Reciclagem, Reutilização e Disposição final.

7.2.3 Etapa 2.B - Identificação das fontes de informação

A consulta aos documentos já existentes que foram produzidos durante os processos nas organizações são essenciais para subsidiar a modelagem (CAMPOS, 2014). No contexto do manejo dos RCC estes documentos poder ser representados por registros quantitativos de resíduos transportados e processados, relatórios de

custeio e histórico de fiscalização. O Quadro 13 contém as fontes de informações e os dados que subsidiam a modelagem do gerenciamento de RCC.

Quadro 13: Fontes de informação e dados pesquisados

FONTES	DADOS A SEREM PESQUISADOS
Secretaria municipal ou autarquia responsável pelo gerenciamento de RCC	▪ Estratégia adotada na gestão de RCC ▪ Ações desenvolvidas e critérios empregados no gerenciamento ▪ Recursos humanos e equipamentos empregados no manejo ▪ Existência de instrumentos jurídicos disciplinadores ▪ Ocorrência de pontos de descarte irregular de resíduos ▪ Cadastro de empresas de coleta e transporte ▪ Fiscalizações realizadas e multas aplicadas ▪ Processos e atividades desenvolvidas no gerenciamento ▪ Recursos tecnológicos empregados no controle dos processos e atividades
Secretaria de Obras	▪ Processos e atividades desenvolvidos da reutilização dos RCC ▪ Volume de RCC reutilizado
Site da Prefeitura Municipal	▪ Informações e notícias sobre manejo de RCC e caracterização do município
Empresa de coleta e transporte de resíduos	▪ Processos e atividades desenvolvidas ▪ Instrumentos de controle e cobrança dos serviços ▪ Volume coletado
Usina de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil	▪ Número de caçambas recebidas por período ▪ Volume de resíduos recebidos, triados, triturados, reutilizados e destinados ao aterro de rcc; ▪ Recursos humanos, máquinas e equipamentos empregados ▪ Instrumentos de controle de qualidade ▪ Processos e atividades desenvolvidas ▪ Recursos tecnológicos empregados no gerenciamento do setor
Ecopontos (PEV)	▪ Volume de resíduos recebido por período ▪ Processos e atividades desenvolvidos ▪ Deficiências dos processos e atividades

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

7.2.4 Etapa 2.C – Definição e consulta dos requisitos legais

Nesta etapa são definidos os requisitos legais e os aspectos normativos do *framework* específico. Desta maneira, busca-se adequar o manejo municipal de aos requisitos legais de gestão ambiental, obedecendo a hierarquia jurídica e as normas de qualidade ambiental. Nesse contexto, e conforme já discutido na seção de revisão bibliográfica, a Lei Federal nº 12.305/2010 que instituiu a PNRS é o requisito legal mais importante na hierarquia do manejo de resíduos sólidos.

Na sequência, o *framework* considera a Resolução CONAMA nº 307/2002, que estabelece as diretrizes e critérios aplicados aos geradores, transportadores, e às áreas de destinação e disposição final dos RCC.

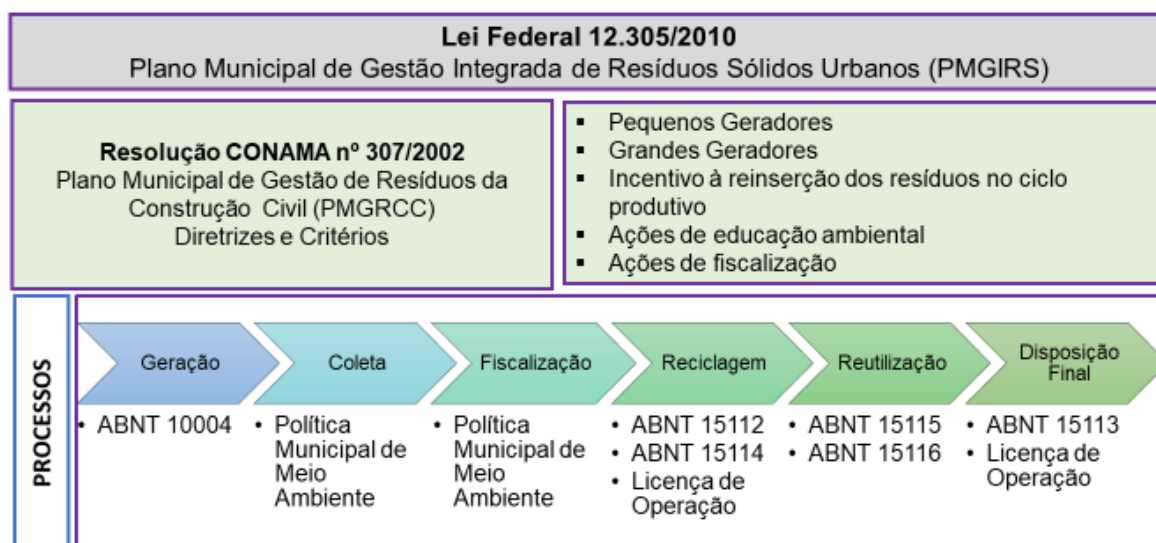
Além dos instrumentos jurídicos, os requisitos consideram normas de qualidade contempladas na Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Os requisitos legais com os respectivos aspectos abordados são identificados no Quadro 14. Na Figura 27 são correlacionados os processos com os respectivos requisitos legais que os disciplinam.

Quadro 14: Consulta a documentação prévia dos processos

Instrumentos	Aspectos abordados
Lei Federal 12.305/2010 – PNRS	Hierarquia e responsabilidades da gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos
Resolução CONAMA nº 307/2002, 348/2004, 431/2011, 448/2012 e 469/2015	Critérios e responsabilidades no manejo dos RCC
Normas ABNT NBR 15112:2004, 15113:2004, 15114:2004, 15115:2004, 15116:2004	Critérios para implantação e operação de áreas de triagem, reciclagem, destinação final e reutilização de RCC
Plano Municipal de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos	integração e correlação das ações de manejo dos RCC no contexto com os demais resíduos sólidos urbanos
Plano Municipal de Gestão de RCC	Diretrizes e critérios do manejo municipal de RCC
Política Municipal de Meio Ambiente	conteúdo das leis e decretos municipais que regem e disciplinam o manejo dos RCC
Licenças ambientais	Licença de Operação das instalações de manejo dos resíduos

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Além dos instrumentos da hierarquia federal os municípios devem criar as leis e decretos no contexto municipal: Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), o Plano de Gestão de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) e a Política Municipal de Meio Ambiente (PMMA).

Figura 27: Processos e seus respectivos requisitos legais

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

7.2.5 Etapa 2.D – Definição das pessoas e papéis funcionais

Nesta etapa são definidos os participantes e suas atribuições no desenvolvimento da modelagem, os quais são discutidos na sequência.

- **Patrocinador do projeto de modelagem:** Pessoa que deve garantir a modelagem em nível estratégico e deve ser representado pelo Secretário do Meio Ambiente ou gerente do órgão responsável pela gestão de resíduos no município;
- **Equipe de modelagem:** Grupo de trabalho responsável por executar as atividades da modelagem, da coleta dos dados e o desenho dos processos. Esta equipe deve ser treinada por um especialista em notação de modelagem computacional;
- **Gestores:** Servidores da prefeitura que coordenam cada processo e etapas do gerenciamento de RCC.

7.2.6 Etapa 3.A: Definição das técnicas de coleta dos dados

Foram empregadas três técnicas de coleta de dados, amplamente verificadas nas publicações que tratam de modelagem:

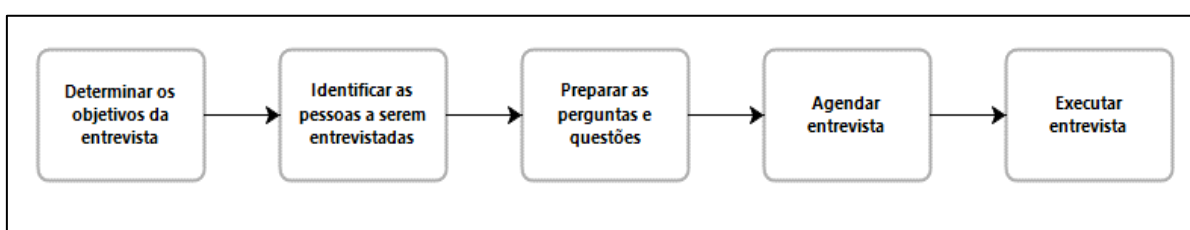
- Entrevistas

- Observação direta
- Análise de documentos

Por meio das entrevistas pode-se coletar dados diretamente das partes interessadas, dos executores e responsáveis em cada atividade dos processos. Além disto, no caso da observação direta, é possível documentar detalhes, deixando claro a importância de cada atividade ou tarefa, os quais não poderiam ser identificados por meio de outras técnicas de pesquisa (ABPMP, 2013; PAVANI JÚNIOR e SCUCUGLIA, 2011).

Para a coleta de dados por meio das entrevistas devem ser escolhidos participantes que estão na direção dos departamentos ou processos existentes no sistema de gerenciamento de resíduos. A execução das entrevistas segue um roteiro planejado, o qual pode ser observado na Figura 28.

Figura 28: Planejamento das entrevistas



Fonte: Adaptado de Borysowich, 2006.

As entrevistas com estes participantes são necessárias para levantar a descrição de cada processo e atividade, possibilitando identificar seu escopo, as entradas e saídas do sistema, os fatores críticos de sucesso e possíveis melhorias. A primeira entrevista deve ser conduzida com o secretário de meio ambiente do município, sendo possível estabelecer uma visão global do macroprocesso de gerenciamento dos RCC.

A coleta de dados por meio da técnica de observação direta deve ocorrer nos setores onde concentram-se as atividades operacionais presentes no processo de gerenciamento. Finalizando, a terceira técnica de coleta de dados a ser utilizada é a análise de documentos, os quais devem ser fornecidos pela SAMA.

7.2.7 Definição dos instrumentos de coleta dos dados

Nesta etapa devem ser definidos e construídos os instrumentos de coleta dos

dados, que devem nortear a elaboração do mapeamento dos processos, os quais são referências, em seguida, para construção da modelagem. Foram definidos um questionário e cinco formulários (Quadro 15). O detalhamento destes instrumentos pode ser observado na seção dos Apêndices.

Quadro 15: Instrumentos de coleta dos dados

INSTRUMENTO	FINALIDADE
Questionário 1- (Q1) Perfil do entrevistado (Apêndice B)	Identificar nome, profissão, cargo que ocupa, tempo de atuação, formação, atividades que desenvolve no manejo de RCC
Formulário 1 - (F1) Descrição do escopo dos processos (Apêndice C)	Este formulário foi concebido com base na metodologia SIPOC, discutida na seção 2.7. Contém as informações do nome do processo, responsável, escopo, objetivo, condição de início, fornecedores, entradas recebidas, clientes, saídas fornecidas, expectativa do cliente, fatores críticos de sucesso e as atividades do processo É utilizado na modelagem (<i>As-Is</i>)
Formulário 2 - (F2) Descrição das atividades em cada processo (Apêndice D)	Obter o roteiro estruturado (passo a passo) das atividades em cada processo, indicando também quem são seus executores É utilizado na modelagem (<i>As-Is</i>)
Formulário 3 - (F3) Enquadramento legal do manejo de RCC pelo Poder público municipal (Apêndice E)	Este instrumento permite avaliar o enquadramento das ações de gerenciamento de RCC pertinentes ao poder público municipal em relação as diretrizes e critérios estabelecidos na resolução CONAMA nº 307/2002
Formulário 4 - (F4) Enquadramento legal do manejo de RCC pelo Setor Privado (Apêndice F)	Este instrumento permite avaliar o enquadramento das ações de gerenciamento de RCC pertinentes ao setor privado em relação as diretrizes e critérios estabelecidos na resolução CONAMA nº 307/2002
Formulário 5 - (F5) Identificação das deficiências e melhorias necessárias (Apêndice G)	Identificação das deficiências existentes e a situação desejada de melhoria em cada processo e atividade visando aprimorar o sistema de gerenciamento Utilizado na modelagem (<i>To-Be</i>)

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

7.2.8 Etapa 4.A – Escolha dos instrumentos de modelagem

A partir desta etapa é iniciada a construção da representação gráfica dos processos e modelos. Para esta construção, na Etapa 4.A, são escolhidos os instrumentos de modelagem:

- Escolha da **técnica (notação)** de modelagem
- Escolha do **software** empregado na modelagem

A escolha dos instrumentos deve ocorrer entre o patrocinador do projeto e a equipe de modelagem, levando em consideração que outros usuários do sistema de gerenciamento de RCC terão acesso futuro a modelagem construída.

As técnicas mais utilizadas são UML, VSM, e BPMN, no entanto, outras notações podem ser escolhidas dependendo da experiência de linguagem de notação da equipe de modelagem. Existem no mercado pacotes de softwares que são licenciados a exemplo do *Aris*, *ProVisio*, *Igrafx* e *Visi*, e os softwares livres, como *Bizagi Process Modeler*, *Bonita Open Solution*, *Sydle Seede* e *ProcessMaker*. As particularidades e características destas técnicas e dos softwares foram discutidas nas seções 2.9 e 2.10.2.

7.2.9 Etapa 4.B - Elaboração do rascunho da modelagem

Nesta etapa a equipe de modelagem deve desenhar um rascunho dos processos já existentes. Devem participar desta fase o patrocinador do projeto de modelagem, neste caso o secretário de meio ambiente ou o gestor responsável pela área de manejo dos resíduos sólidos.

De acordo com Baldam, Valle e Rozenfeld (2014), o rascunho deve preferencialmente ser formatado em modelo de papel de grande formato indicando ao menos: nome do processo, data e envolvidos na entrevista. Este rascunho possibilita a visualização prévia dos processos existentes, do fluxo das operações, seus executores e a conexão entre agentes internos e externos, resultando no ponto de partida para a modelagem do macroprocesso e de seu detalhamento.

7.2.10 Etapa 4.C – Modelagem As-Is

Na Etapa 4.C inicia-se o primeiro ciclo de modelagem do macroprocesso com o detalhamento dos processos, atividades e os dados quantitativos, devendo ser executados empregando a técnica e o software definidos na Etapa 4.A. Na Figura 29 são demonstrados os itens a serem modelados com as respectivas técnicas e instrumentos de coleta dos dados.

Figura 29: Itens a serem modelados e técnicas de coleta dos dados

	1. Processos atuais	2. Atividades em cada processo	3. Dados quantitativos
ITENS MODELADOS	- Nome do processo - Gestor - Fluxo de entradas - Fluxo de saídas - Fornecedores - Clientes - Condição de início - Condição de finalização do processo	- Atividades desenvolvidas - Local de desenvolvimento da atividade - Fluxos das atividades - Executores das atividades - Fluxo de dados - Fluxos de mensagens	- Quantidade de caçambas recebidas - Volume de RCC recebido - Receita gerada - Volume reciclado - Volume reutilizado - CTR - Taxa de reciclagem
INSTRUMENTOS UTILIZADOS	Entrevistas Observação direta Questionário 1 Formulário 1	Entrevistas Observação direta Formulário 2	Análise de documentos (Relatório de produção usina de reciclagem)

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Os itens modelados em “Processos atuais” devem ser projetados sequencialmente de acordo com sua posição no macroprocesso de gerenciamento. No item “Atividades em cada processo” os fluxos de dados e mensagens representam a comunicação e as informações geradas entre os participantes das atividades. Assim, é necessário projetar o conjunto de atividades existentes para a execução completa de cada processo.

7.2.11 Etapa 4.D – Modelagem *To-Be*

Nesta etapa, a modelagem é construída de acordo com os parâmetros necessários de melhoria para uma adequada gestão de resíduos, ou seja, visando adaptar o cenário de manejo dos RCC aos aspectos legais, buscando ainda minimizar os impactos ambientais. A Figura 30 apresenta a sequência de estágios necessários para construir o modelo *To-Be*.

Figura 30: Estágios da modelagem *To-Be*

	1. Avaliação dos aspectos legais	2. Benchmarking do gerenciamento	3. Identificar deficiências e melhorias	4. Modelar processos com foco nas melhorias
ESTÁGIO E AÇÕES	Avaliar se as ações de gerenciamento do setor público e setor privado atendem os critérios legais estabelecidos na Resolução Conama 307/2002	- Comparar com as práticas de gerenciamento nos demais municípios - Utilizar dados do SNIS, ABRECON e SINDUSCON	- Identificação das deficiências com os gestores e executores dos processos - Propor melhorias - Estabelecer metas de aumento da produtividade	- Alterações nos processos - Inclusão/exclusão de processos - Alteração no fluxo das atividades - Alteração no fluxo de dados e mensagens
INSTRUMENTOS UTILIZADOS	Análise de documentos Formulários 3 e 4	Análise de documentos	Entrevistas Observação direta Formulário 5	Entrevistas Observação direta Formulário 5

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

No estágio "Avaliação dos aspectos legais", deve ser verificado se as ações de manejo dos resíduos no município atendem aos critérios legais presentes na Resolução CONAMA nº 307/2002. Por meio do Formulário 3 são avaliadas as ações de manejo do setor público e no Formulário 4, são avaliadas as ações do setor privado, totalizando 19 critérios, que na sequência são classificados como "Atendido integralmente", "Atendido parcialmente" e "Não atendido". Essa classificação é necessária para subsidiar a identificação das deficiências no sistema de gerenciamento e propor as estratégias de aprimoramento.

A etapa de "*Benchmarking* do gerenciamento" busca comparar as práticas de gestão de resíduos de RCC do município onde o modelo será desenvolvido com as

ações de gestão e estratégias desenvolvidas em outras localidades. É necessário analisar quem são os executores, os equipamentos utilizados na coleta, as estratégias de destinação e da disposição final de resíduos (reciclagem ou descarte direto em aterro). Por meio desta comparação, o município identifica práticas que podem apoiar melhorias em seu processo de gestão. As fontes de comparação podem ser:

- Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento (SNIS);
- Associação Brasileira da Indústria de Reciclagem de Resíduos da Construção (ABRECON);
- Sindicato das Empresas da Construção Civil (SINDUSCON).

No estágio "Deficiências e melhorias necessárias", a equipe de modelagem deve identificar, por meio de reuniões com os gestores e executores das atividades, as deficiências presentes nos processos. Para orientar essa etapa, devem ser utilizados os dados dos Formulários 3 e 4, verificando os critérios de gestão de resíduos no município classificados como "Atendido parcialmente" e "Não atendido" na etapa de avaliação dos aspectos legais.

Em seguida, utilizando o Formulário 5, a equipe de trabalho deve correlacionar as deficiências com os respectivos processos, propondo as melhorias necessárias. Para suporte nesta fase, deve ser utilizado o benchmarking de gestão realizado na etapa anterior. Devem ser estabelecidas metas para o aumento da produtividade, tais como: aumento do volume de RCC reciclado, visando maior reaproveitamento dos resíduos e a redução do volume descartado diretamente no aterro.

Por fim, no estágio "Modelar processos com foco nas melhorias", ocorre a construção gráfica do modelo *To-Be*. Desta forma, processos e atividades desenhados na modelagem *As-Is* são alterados, visando implementar as melhorias necessárias no modelo, além de remodelar os dados e o fluxo de mensagens.

7.2.12 Etapa 5 – Avaliação e validação da modelagem

A avaliação ocorre por meio da apresentação do mapeamento e dos diagramas de modelagem ao patrocinador, aos gestores do processo e executores das atividades. Nesta etapa os participantes podem alterar, incluir ou excluir o fluxo das

atividades, das mensagens e dos executores em cada processo, conforme necessário, com objetivo de adequar a modelagem próximo do fluxo real. Realizado os ajustes necessários, o modelo é validado por meio de nova apresentação ao patrocinador, gestores e executores.

7.3 Síntese do *framework*

O *framework* específico desenvolvido nesta tese teve como ponto de partida a revisão de literatura que identificou as principais características que compõe os trabalhos de modelagem, gerando o modelo genérico com cinco etapas: identificação, preparação do projeto, coleta dos dados, construção da modelagem e avaliação/validação.

Na sequência, foram identificados os requisitos de funcionalidade e aplicabilidade prática, além das diretrizes e normas ambientais que permeiam o gerenciamento de RCC. Com estas definições, foram propostos mais 12 subetapas, buscando adequação total do gerenciamento municipal de RCC com a Resolução CONAMA nº 307/2002, a PNRS, aos instrumentos jurídicos na âmbito municipal e às normas ABNT. O delineamento dos critérios legais é condição necessária para que o *framework* alcance os resultados de melhoria no contexto ambiental e da qualidade nas organizações (RUBEN; VINODH; ASOKAN, 2017).

Na Etapa 1.A devem ser estabelecidos os objetivos de aprimoramento dos aspectos ambientais a serem buscados pelo município e as estratégias para seu alcance. Na Etapa 2.A tem-se o escopo do ciclo de modelagem, que contempla no mínimo seis processos: geração de resíduos, coleta/transporte, fiscalização, reciclagem, reutilização e disposição final. As fontes de informação (Etapa 2.B), devem ser adequadamente identificadas pois fornecem por meio dos documentos já existentes, o cenário atual do manejo de resíduos, contemplando os recursos humanos e equipamentos empregados, o volume gerado, reciclado e reutilizado de resíduos, pontos de descarte etc. O acesso a estes dados auxilia a equipe de modelagem a estabelecer metas de aprimoramento do manejo.

A consulta aos requisitos legais dos processos prevista na Etapa 2.C preconiza que o município já tenha um arcabouço jurídico fundamentando a regulamentação das ações de manejo em consonância com a hierarquia legal nas instâncias superiores. Este arcabouço jurídico tem por finalidade articular três aspectos fundamentais do

gerenciamento de RCC: os arranjos institucionais, os instrumentos legais e os mecanismos de financiamento (CORDOBA, 2014; RUBEN; VINODH E ASOKAN, 2017).

Neste ponto, o gestor público deverá providenciar a elaboração deste arcabouço, aprovando em nível municipal o PMGIRS, o PMGRCC e a PMMA. Além destes, devem ser providenciadas as licenças ambientais nos órgãos estaduais para assegurar o funcionamento das instalações onde ocorre o manejo dos RCC.

Atenção especial deve ser dado ao Item 2.D, que estabelece os papéis funcionais do pessoal que estará envolvido nos trabalhos de modelagem. Neste contexto, o patrocinador do projeto de modelagem deve assegurar que os servidores ou funcionários envolvidos nas atividades de manejo, colaborem com a construção da modelagem em cada etapa do processo de gerenciamento.

A ausência de um patrocinador que apoie integralmente o trabalho da equipe de modelagem pode comprometer o resultado final, frustrando as expectativas de melhora e aprimoramento dos processos (BALDAM et al., 2014; JESTON, 2014).

Na Coleta dos dados (Etapa 3.A), deve-se utilizar as fontes múltiplas de evidência, características das metodologias do estudo de caso. Esta preocupação deve estar presente principalmente na coleta dos dados que busca registrar quais são e como ocorrem as atividades em cada etapa do ciclo de gerenciamento de RCC. Desta forma, além das entrevistas, deve-se empregar a técnica de observação direta para confirmar a exatidão das atividades registradas na primeira técnica de coleta dos dados.

A forma como os instrumentos de coleta dos dados (Etapa 3.B) são aplicados possibilita o claro entendimento dos processos atuais e a indentificação das mudanças e melhorias necessárias. Este entendimento é verificado pelo emprego dos formulários 3 e 4, que foram desenvolvidos com objetivo de facilitar o reconhecimento das ações de manejo dos RCC que estão em desacordo ao que estabelece a Resolução CONAMA nº 307/2002.

A construção gráfica ocorre a partir da Etapa 4.A, onde são escolhidos a notação e o software de modelagem a serem trabalhados. Nesta etapa é necessário a participação de um profissional com conhecimentos em software de modelagem, que poderá ser um dos membros da equipe, desde que capacitado anteriormente. O item 4.B é dedicado a elaboração do rascunho, que visa estabelecer a primeira visão geral do funcionamento do macroprocesso.

A Etapa 4.C contempla a modelagem (*As-Is*) por meio da construção gráfica dos processos e atividades, incluindo também a análise quantitativa de desempenho do sistema.

A modelagem *To-Be* é construída na Etapa 4.D, onde ocorre as seguintes ações: avaliação dos aspectos legais do gerenciamento de RCC no município, o benchmarking das ações de manejo com referência as práticas de outras cidades, o estabelecimento de metas quantitativas (índice de reciclagem por exemplo), a identificação das deficiências e melhorias necessárias, e por fim, a modelagem.

Finalizando, na etapa 5.A, ocorre a avaliação dos modelos pelo patrocinador do projeto, pelos gestores e executores dos processos. Recomenda-se que a avaliação ocorra até alcançar o refinamento ideal, que resulte na clareza e compreensão das informações, permitindo assim a validação final.

Verifica-se que a estrutura do *framework* desenvolvido nesta tese possui os requisitos de funcionalidade e aplicabilidade prática, sendo que a correta execução de suas etapas e subetapas possibilitam o desenvolvimento da modelagem de processos orientado ao gerenciamento municipal de RCC. Destaca-se que a funcionalidade e aplicabilidade do *framework* são justificadas por contemplar as premissas apresentadas por Belhadi; Touriki e Fezazi (2016), Galan-Muros e Davey (2019) e Ruben; Vinodh e Asokan (2017), discutidas na sequência.

a) **Premissa 1:** Apresentar um conjunto de pilares teóricos simplificados com diretrizes práticas.

A estrutura é apresentada como um conjunto de pilares teóricos simplificados nos contextos ambiental, metodológico e da gestão por processos. As diretrizes práticas são verificadas pela presença de um conjunto claro de ferramentas, instrumentos e regulamentos aplicados a modelagem de processos, resultando no cenário propício para implementação das práticas mais comuns de gerenciamento ambiental dos RCC.

b) **Premissa 2:** Ser auto-explicativo e de fácil de entendimento.

O *framework* possui uma estrutura simples, que coordena etapas e subetapas de sua implementação, composto por instrumentos de coleta dos dados a serem aplicados em cada estágio, além das ferramentas de mapeamento e modelagem, devidamente justificados e explicados, o que

garante o atendimento da premissa 2.

- c) **Premissa 3:** Ter vínculos claros entre seus elementos ou etapas, podendo ser um modelo circular.

Os vínculos entre os diferentes elementos da estrutura (etapas, ferramentas e os agentes executores), desde a Etapa 1 (Identificação), até a validação final do modelo são claramente distinguidos em função de sua representação lógica e sequencial. Além disto, o modelo segue a lógica circular de implementação, o que possibilita o refinamento nas etapas de modelagem *As-Is* e *To-Be*. Em função do exposto, a satisfação da premissa 3 também é verificada.

- d) **Premissa 4:** Possuir critérios legais e regulatórios.

O emprego de critérios legais e regulatórios é amplamente discutido nesta tese e conseqüentemente, a estrutura do *framework* foi desenvolvida buscando adequação do gerenciamento dos resíduos ao que preconiza a resolução CONAMA nº 307/2002, a PNRS e ao conjunto de normas da ABNT aplicadas ao manejo de RCC. O atendimento desta premissa é claramente verificado no item 1.C e nos formulários 3 e 4.

- e) **Premissa 5:** Ser geral o suficiente para atender a diferentes contextos.

A estrutura foi desenvolvida com objetivo de atender a demanda dos pequenos municípios, especialmente aqueles que possuem restrição financeira e de corpo técnico especializado, que necessitam adequar seus sistemas de manejo dos RCC. Contudo, devido a sua estrutura detalhada e pautada por princípios norteadores do gerenciamento integrado de resíduos, habilita sua aplicação também aos municípios de médio e grande porte, o que garante o atendimento da Premissa 5.

- f) **Premissa 6:** Representar um roteiro e uma ferramenta de planejamento que torne o *framework* implementável.

A estrutura desenvolvida representa um roteiro e uma ferramenta de planejamento dedicada aos gestores públicos engajados na melhoria da gestão ambiental dos resíduos. O *framework* agrega as práticas e ações de

gerenciamento já conhecidas na literatura com as ferramentas de modelagem de processos. Diante deste contexto, o município pode identificar suas deficiências e planejar, por meio de novas ações, a melhoria de seus processos no âmbito do gerenciamento de RCC, evidenciando que a premissa 6 é atendida.

Finalizando, o *framework* específico desenvolvido nesta tese é uma ferramenta que reúne critérios suficientes para auxiliar os gestores públicos responsáveis pelo manejo de resíduos e que tenham por objetivo implantar ou melhorar o gerenciamento de RCC nos municípios por meio da modelagem de processos, que resultará em ganho de produtividade, melhora nos aspectos de limpeza urbana e preservação dos recursos naturais.

8 ESTUDO DE CASO DA APLICAÇÃO DO *FRAMEWORK*

Neste capítulo foi descrito a implementação do *framework* para modelagem de processos, desenvolvido no capítulo 7, por meio do estudo de caso no município de Lençóis Paulista. Esta etapa da pesquisa está relacionada ao quarto objetivo específico desta tese. Os resultados da modelagem (*As-Is*) são discutidos na seção 8.1 e a modelagem (*To-Be*) na seção 8.4.

8.1 Desenvolvimento da modelagem (*As-Is*)

8.1.1 Etapa 1.A – Identificação dos objetivos e estratégia

Objetivos da modelagem no município:

- Aprimorar a segregação dos resíduos;
- Aumentar o volume de RCC reciclado;
- Reduzir a disposição final de resíduos no aterro de RCC;
- Melhorar a qualidade final do material reciclado.

Estratégias para garantir o alcance dos objetivos estabelecidos:

- Integração do sistema de manejo por meio da implantação do banco de dados, gerando informações confiáveis para tomada de decisão;
- Garantia da aplicação das normas jurídicas com o fortalecimento do sistema de fiscalização;
- Fortalecimento das ações de educação ambiental junto aos profissionais que atuam no mercado da construção civil;
- Fortalecer o engajamento do setor privado no manejo dos resíduos.

8.1.2 Etapa 2: Preparação do Projeto

Etapa 2.A - Definir escopo de modelagem

O escopo do ciclo de modelagem que resultou no macroprocesso é composto por sete processos, que abrangem as atividades compreendidas entre a geração dos resíduos até a destinação (reutilização) e disposição final, os quais são indicados a

seguir:

- Processo (1) – coleta e transporte pelos agentes privados;
- Processo (2) – coleta e transporte pelos agentes públicos;
- Processo (3) – coleta e transporte dos ecopontos (PEV);
- Processo (4) – fiscalização;
- Processo (5) – reciclagem de RCC;
- Processo (6) – reutilização do RCC reciclado;
- Processo (7) – disposição final no aterro.

Etapa 2.B – Identificação das fontes de informação

- Secretaria municipal de Agricultura e Meio Ambiente (SAMA);
- Secretaria Municipal de Obras (SMO);
- *Site* da Prefeitura Municipal;
- Empresas de coleta e transporte de resíduos;
- Usina de Reciclagem de Resíduos da Construção Civil;
- Ecoponto – Bairro CECAP.

Etapa 2.C - Consulta os requisitos legais dos processos

Além das Leis e Resoluções da esfera Federal e das normas ABNT, já citadas na seção 7.2.4 do desenvolvimento do *framework*, foram consultados os seguintes instrumentos jurídicos na esfera municipal:

- Decreto Executivo nº 316 de 05 de outubro de 2014 – Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos;
- Decreto Executivo nº 458 de 19 de dezembro de 2013 – Plano Municipal de Saneamento Básico;
- Decreto Executivo nº 314 de 03 de outubro de 2014 – Política Municipal de Meio Ambiente;
- Licença de Operação nº 7005150 (CETESB) - Aterro de RCC;
- Licença de Operação nº 7005723 (CETESB) - Usina de Reciclagem.

Etapa 2.D - Definir pessoas e papéis funcionais

- a) O **patrocinador** do projeto de modelagem é o Secretário de Meio Ambiente;
- b) A **equipe de modelagem** compreende o autor desta tese e os coordenadores de Meio ambiente e da Usina de Reciclagem;
- c) Os **Gestores dos processos** são:
 - Processo (1) – Proprietário da empresa de coleta;
 - Processo (2) – Coordenadora de Meio Ambiente;
 - Processo (3) – Servidor encarregado do ECOPONTO;
 - Processo (4) – Coordenadora de Meio Ambiente;
 - Processo (5) – Coordenador da Usina de Reciclagem;
 - Processo (6) – Coordenador da Usina de Reciclagem;
 - Processo (7) – Coordenador da Usina de Reciclagem

8.1.3 Etapa 3: Coleta dos dados

Etapa 3.A – Definição das técnicas de coleta dos dados

Foi utilizado neste estudo de caso as três técnicas de coleta de dados definidas na etapa da elaboração do *framework*, e recomendada pela literatura de mapeamento e modelagem, sendo conduzidas entre os meses de fevereiro de 2019 e novembro de 2019, as quais são demonstradas a seguir:

Entrevistas: realizadas seguindo o roteiro de planejamento indicado na Figura 28, com os seguintes entrevistados:

- a) Secretário Municipal de Meio Ambiente: é o patrocinador do projeto de modelagem, que possibilitou estabelecer a visão global do macroprocesso, a relação existente com os agentes externos e as estratégias do município quanto a gestão e gerenciamento dos RCC;
- b) Coordenadora Municipal de Meio Ambiente;
- c) Coordenador da Usina de Reciclagem de RCC;

- d) Proprietário de empresa de coleta e transporte de RCC;
- e) Funcionário do Ecoponto (PEV) do Bairro CECAP.

Observação direta:

A técnica de observação direta foi empregada nos seguintes locais:

- a) Usina de reciclagem de RCC;
- b) Aterro de RCC;
- c) Ecoponto bairro CECAP.

Análise de documentos:

Além das Leis, Decretos, e Licenças que constam no item 2.B foram analisados os seguintes documentos:

- a) Relatório de pontos de descarte irregular de resíduos;
- b) Cadastro de empresas de coleta e transporte de RCC;
- c) Relatório de fiscalizações e multas aplicadas;
- d) Relatório de CTR;
- e) Relatório de produção da usina de RCC.

Etapa 3.B – Definição dos Instrumentos de coleta de dados

Na modelagem (*As-Is*) foram utilizados o Questionário 1 e os Formulários 1 e 2 respectivamente. Estes instrumentos foram discutidos na seção 7.2.7 e seu detalhamento encontra-se nos anexos.

8.1.4 Etapa 4: Construção da Modelagem**Etapa 4.A – Definição dos instrumentos de modelagem**

A técnica de modelagem empregada foi a notação BPMN, que foi escolhida por oferecer as características apontadas pela ABPMP (2013) e por Almeida Neto (2009), como a versatilidade na modelação de diferentes processos e a maior disponibilidade de softwares para desenvolvimento gráfico orientados à esta notação.

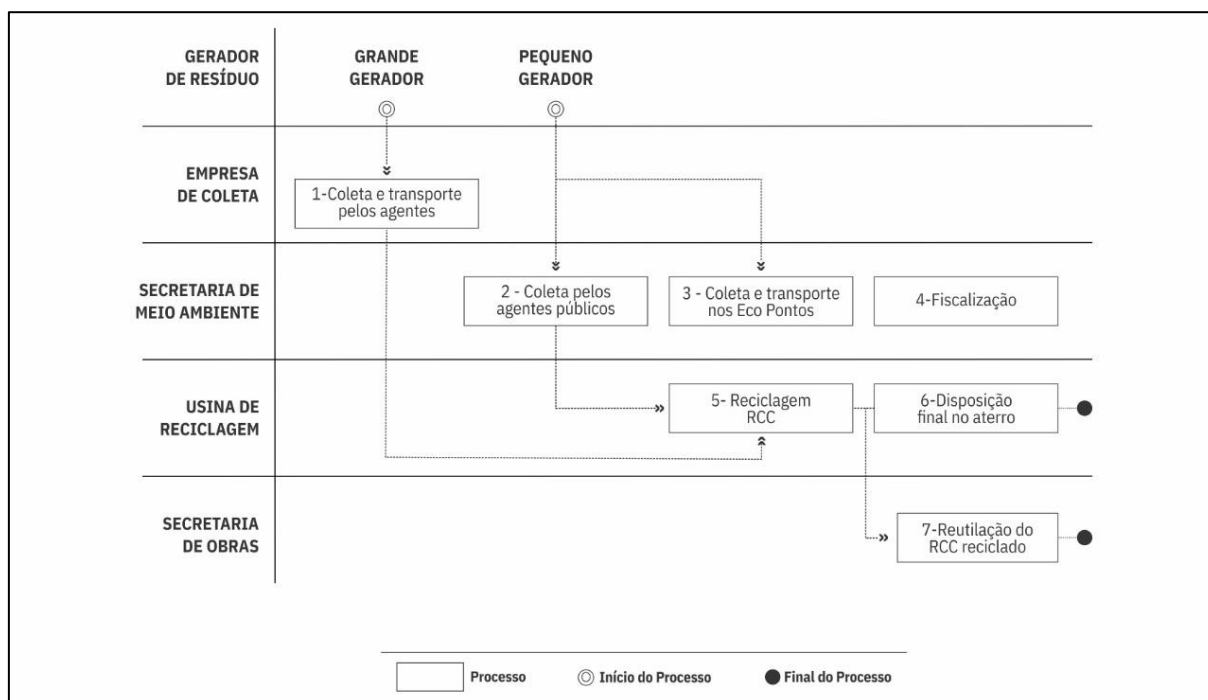
O software escolhido para modelagem dos processos foi o *Bizagi Modeler* na

versão livre. Este software é totalmente baseado na notação BPMN, sendo de fácil aplicação, com boa interface e possui vasto material de apoio (AGUIAR, et al., 2016).

Etapa 4.B – Construção do rascunho do macroprocesso de gerenciamento

O rascunho do macroprocesso foi apresentado à secretaria de meio ambiente por meio de projeção de *slides* no *power point* (Figura 31). A apresentação do rascunho possibilitou identificar a disposição gráfica e principalmente a sequência dos processos com seus respectivos executores, o que permitiu realizar alterações sugeridas e fundamentou posteriormente a modelagem final no *software bizagi modeler*.

Figura 31: Rascunho da modelagem do macroprocesso de gerenciamento de RCC

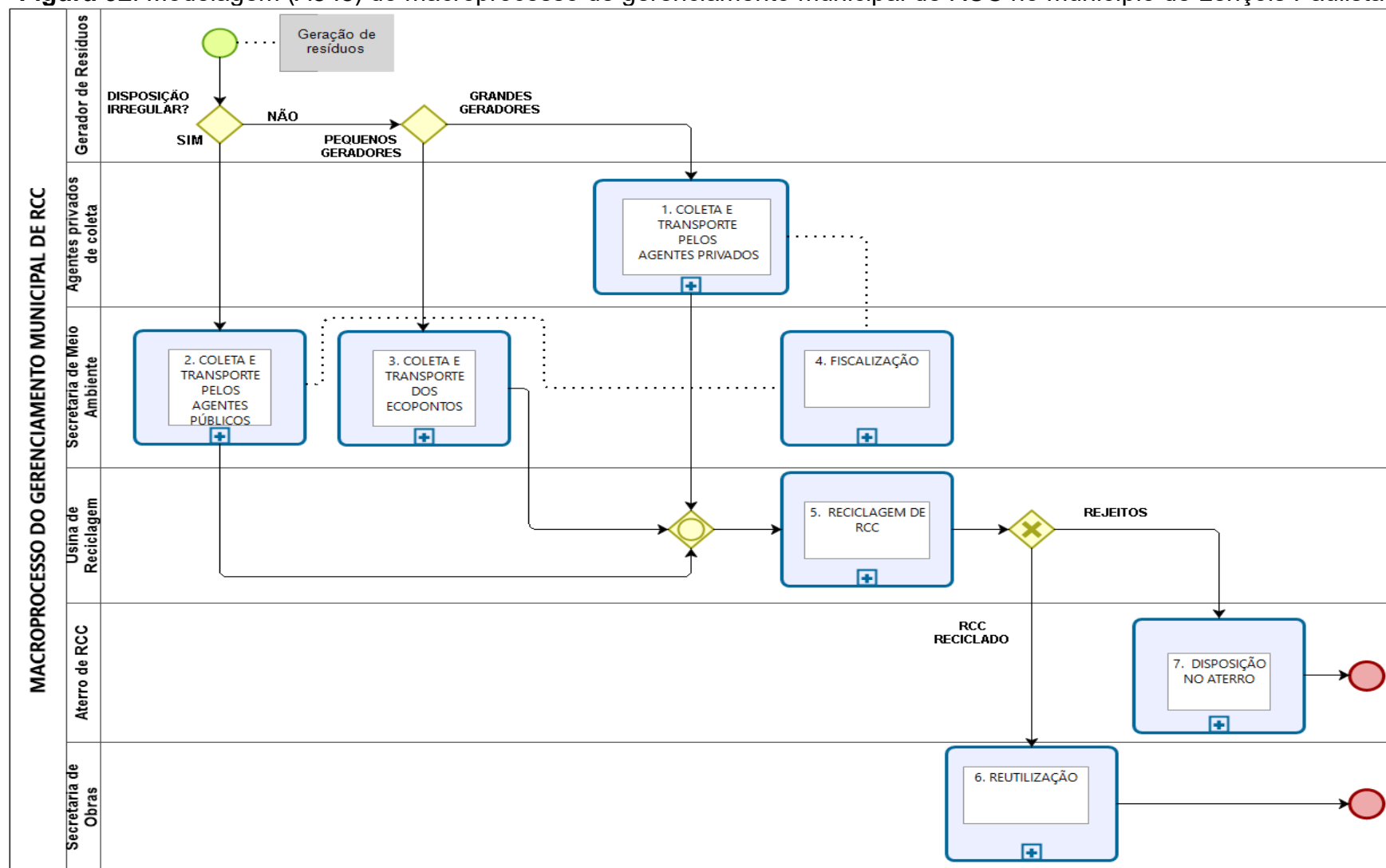


Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

8.2 Etapa 4.C – Construção da Modelagem (As-Is)

O resultado da modelagem do macroprocesso de gerenciamento dos RCC é observado na Figura 32. O processo inicia-se após a geração dos resíduos, que de forma paralela, pode ocorrer por meio das seguintes fontes: pelos grandes geradores, pelos pequenos geradores e nos pontos de descarte irregular.

Figura 32: Modelagem (As-Is) do macroprocesso de gerenciamento municipal de RCC no município de Lençóis Paulista



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

A coleta destes resíduos é realizada de três maneiras: pelos agentes privados Processo (1), onde os grandes geradores (obras particulares) contratam os serviços dos agentes privados de coleta, que são as empresas especializadas na coleta e transporte de RCC, pelos agentes públicos: Processo (2), que coletam os resíduos descartados em pontos irregulares e nos Ecopontos: Processo (3), onde são recolhidos os resíduos dos pequenos geradores.

A fiscalização do sistema ocorre no Processo (4), tem como base legal o Decreto Municipal nº 314/2014. Na sequência, o fluxo continua com o Processo (5), onde os resíduos de construção Classe A são triturados, armazenados e encaminhados para reutilização na regularização de estradas rurais no Processo (6). Os rejeitos que resultam da atividade de triagem na usina são encaminhados para disposição final no aterro de RCC – Processo (7).

De acordo com a Resolução nº 307/2002 do CONAMA, a gestão e o gerenciamento de RCC deve cotemplar ações distintas para os grandes e para os pequenos geradores de resíduos. No processo de coleta e transporte, a figura do “grande gerador” não contempla apenas as grandes obras, mas também as obras residenciais de menor porte, onde ocorre a contratação de pelo menos uma caçamba para prestação do serviço de destinação e disposição final dos resíduos.

A presença do “pequeno gerador” é observada quando o volume gerado de RCC é pouco expressivo (normalmente inferior a 1,0 m³), inviabilizando a contratação de uma caçamba, e nesta situação, a destinação é realizada pelo gerador diretamente nos ecopontos.

8.2.1 Processo 1: Coleta e transporte pelos agentes privados

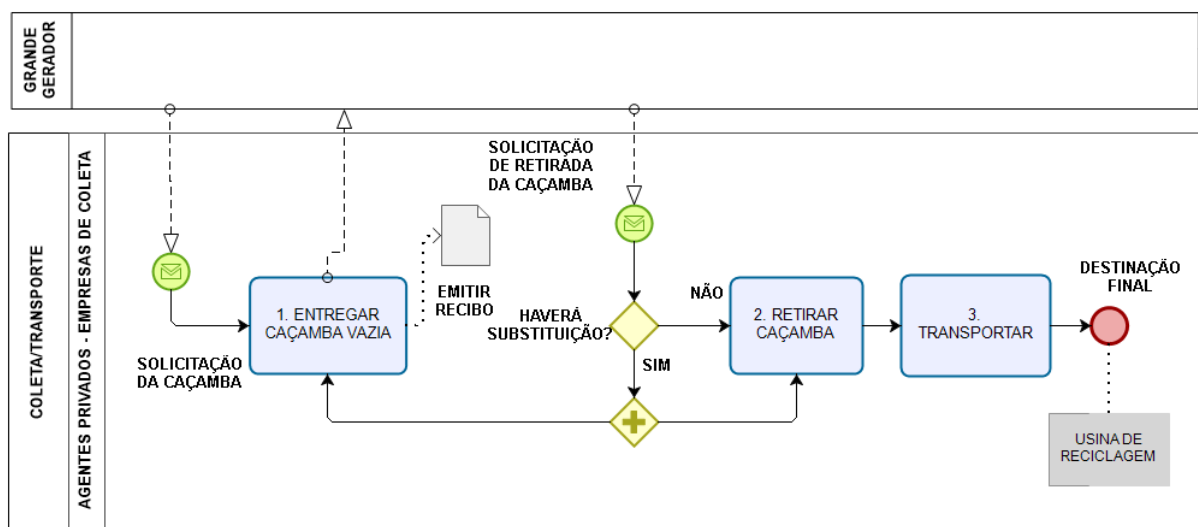
A modelagem do processo da coleta e transporte dos RCC realizados pelos agentes privados (empresas de coleta) com suas respectivas atividades pode ser observada na Figura 33.

A coleta dos resíduos inicia-se com a solicitação do gerador de resíduos nas obras privadas, que pode ser uma construtora, o proprietário ou o profissional responsável pela obra, que por preferência ou por meio de cotação, telefona para uma das 10 empresas que oferecem o serviço de coleta de RCC na cidade. As empresas pesquisadas oferecem quatro opções de caçamba que variam conforme sua

dimensão:

- 3,0 m³ (tamanho pequeno)
- 4,0 m³ (tamanho médio)
- 5,0 m³ (tamanho grande)
- 6,0 m³ (extragrande)

Figura 33: Modelagem (As-Is) do processo: Coleta e transporte de RCC pelos agentes privados



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Após o pedido, a empresa realiza a atividade de entrega da caçamba vazia ao gerador. Ao chegar no canteiro de obras o motorista opera o equipamento poli guindaste para posicionar a caçamba em frente a obra. Neste momento, o condutor preenche um recibo personalizado da empresa com os dados do cliente como endereço, data e informações da caçamba, entregando uma das vias ao responsável pelo recebimento na obra. Segundo os proprietários das empresas, a caçamba fica à disposição do gerador por até 15 dias, porém, o prazo médio é de uma semana.

Nas empresas que possuem apenas um veículo para coleta e transporte dos RCC é comum a presença do proprietário da empresa conduzindo o caminhão, acumulando desta forma, a função de proprietário e motorista, sendo responsável também por receber e registrar os pedidos de caçamba dos geradores.

Após ocorrer o descarte dos RCC na caçamba pelos operários no canteiro de obras, o gerador entra em contato com a empresa contratada solicitando a retirada da

caçamba abastecida. Em obras maiores, é comum ocorrer de forma paralela a substituição da caçamba, ou seja, o condutor deixa uma caçamba vazia no local e retira a caçamba abastecida anteriormente para transportar para o local da destinação dos resíduos. De acordo com o Decreto municipal nº 314/2014, as caçambas devem ser transportadas devidamente cobertas com algum tipo de lona ou rede, para impedir durante o transporte o derramamento de resíduos nas vias públicas.

Após coletar os resíduos, o condutor segue com o transporte para o ponto de destinação final (usina de reciclagem), localizada no Distrito Industrial II, onde é localizado também o aterro de RCC, finalizando o processo de coleta e transporte. Destaca-se que estes pontos de destinação final são os únicos locais licenciados no município para esta operação. Porém, de acordo com a SAMA, constata-se a destinação irregular de resíduos em pontos não licenciados na zona urbana e na zona rural, sendo difícil para o poder público identificar nestes casos os responsáveis por estas irregularidades.

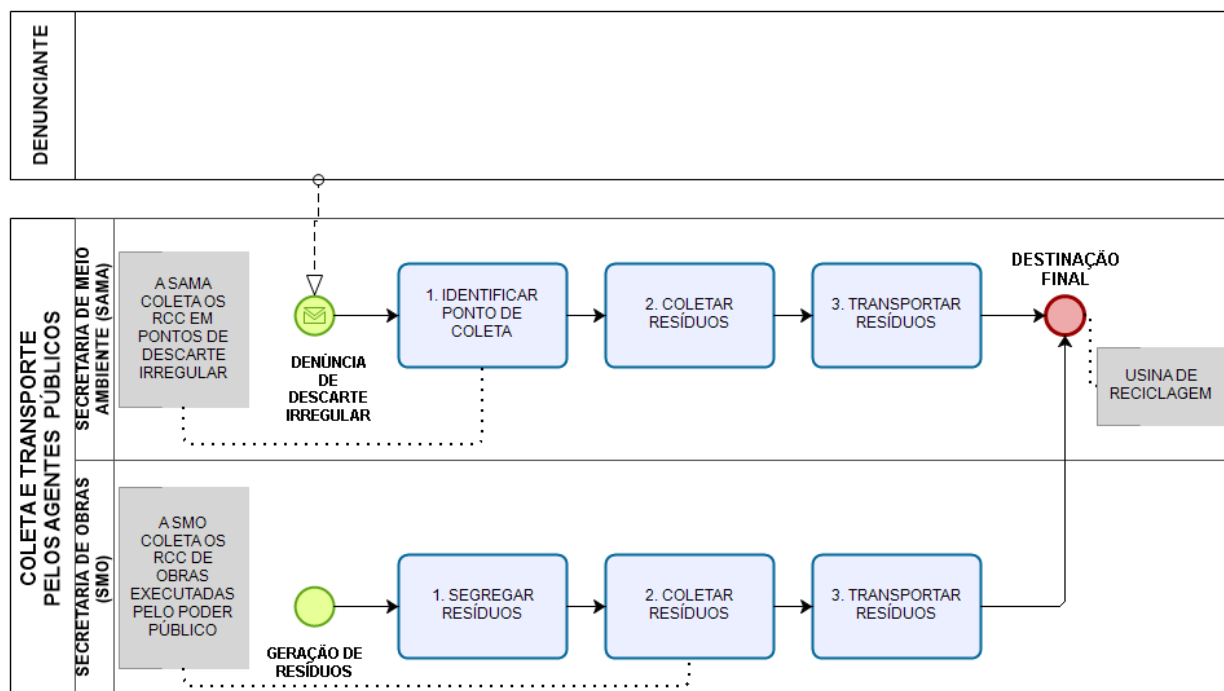
8.2.2 Processo 2: Coleta e transporte pelos agentes públicos

O poder público municipal, apesar de não realizar a coleta em obras particulares, desempenha em menor escala a atividade de coleta e transporte dos RCC com veículos próprios. Neste caso, a coleta é proveniente de duas fontes de geração: do descarte irregular de resíduos em pontos clandestinos e das obras executadas diretamente pela prefeitura municipal. A modelagem deste processo pode ser observada na Figura 34.

O processo inicia-se com o recebimento pela SAMA da denúncia de descarte irregular, sendo realizada uma avaliação, que é detalhada na modelagem do processo “Fiscalização” na seção 8.2.4. Caso não seja possível a identificação do infrator, a SAMA registra apenas o endereço da ocorrência, deslocando um caminhão para o ponto de descarte irregular, realizando a coleta e transportando os RCC até a Usina de reciclagem, encerrando o processo.

Conforme mencionado anteriormente, nas obras realizadas diretamente pelo poder público, a prefeitura é responsável pela coleta e transporte, sendo estas atividades realizadas pelos veículos da SMO. Neste contexto, o processo inicia-se com a geração dos resíduos no canteiro de obras e um caminhão é deslocado para coletar e transportar os RCC até o ponto de destinação final, encerrando o processo.

Figura 34: Modelagem (As-Is) do processo: Coleta e transporte de RCC pelos agentes públicos



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

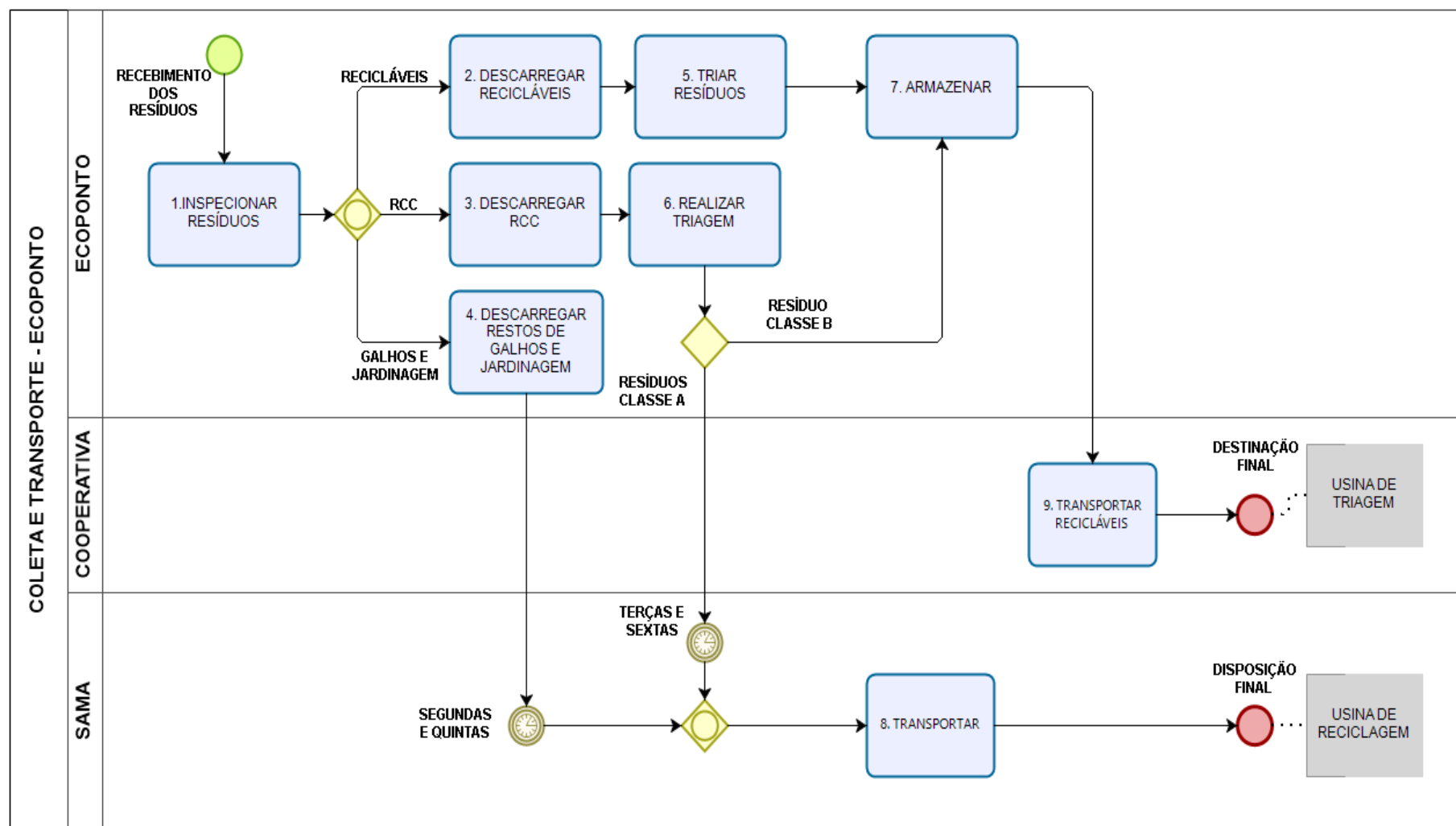
Nas obras públicas executadas por empreiteiras contratadas por meio de processo licitatório a coleta e o transporte são de responsabilidade da construtora, o qual deve contratar diretamente uma empresa de caçambas. Neste contexto, o processo é o mesmo verificado para os geradores das obras particulares.

8.2.3 Processo 3: Coleta e transporte dos ecopontos

A prefeitura municipal disponibiliza dois ecopontos para receber os RCC dos pequenos geradores. Os ecopontos estão localizados no Bairro Cecap e Jardim das Nações. A modelagem de processos, com o fluxo das atividades desenvolvidas na destinação de resíduos no ecoponto pode ser observada na Figura 35.

Os usuários deste serviço são avisados por meio de um painel na entrada do ecoponto sobre quais resíduos podem ser destinados no local. Nestes locais podem ser descartados somente RCC, materiais recicláveis, restos de podas de árvores, de jardinagem e outros materiais inservíveis, como restos de móveis, limitados ao volume de 1,0 m³. Resíduos orgânicos, pilhas, baterias e resíduos de serviços da saúde, têm sua destinação proibida nestes locais.

Figura 35: Modelagem (As-Is) do processo: Coleta e transporte dos Ecopontos



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

O processo inicia-se com a geração dos resíduos pelos pequenos geradores, que ao realizarem pequenos reparos e reformas, geram um reduzido volume de RCC, necessitando realizar de forma adequada o seu descarte. O pequeno gerador é responsável por transportar os resíduos até o ecoponto, o que é feito na maioria dos casos por meio de carros de passeio e em alguns casos, são utilizadas pequenas carretas ou veículos utilitários.

No ecoponto o veículo transportando os resíduos passa por uma inspeção visual para direcionar o local de descarregamento de acordo com a composição dos resíduos. São três áreas de descarregamento que funcionam como uma espécie de segregação: RCC classe B (materiais recicláveis), RCC classe A e outra para receber podas de árvores, restos de jardinagem, madeira e inservíveis.

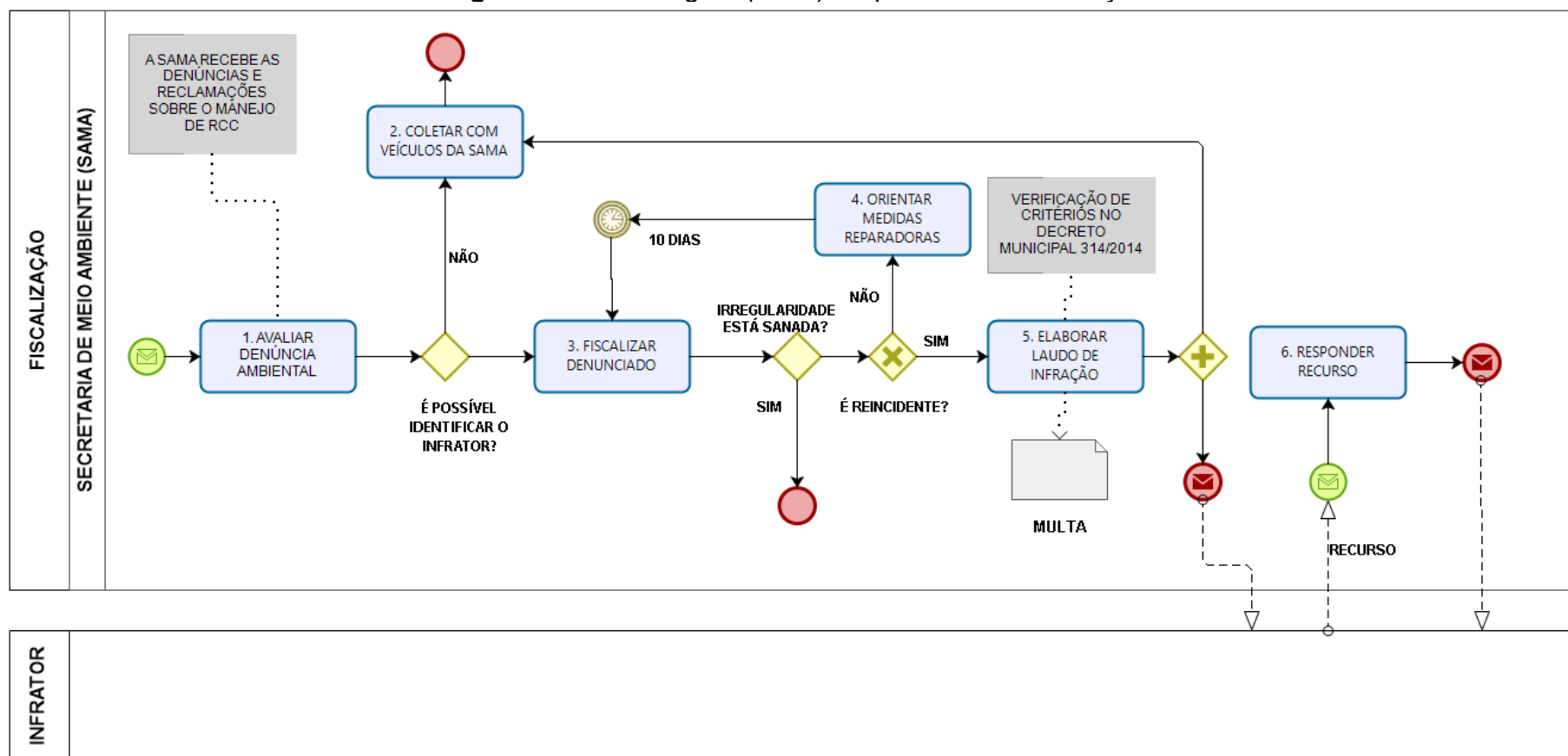
Esta disposição possibilita a triagem manual dos resíduos, que é realizada por duas cooperadas que trabalham no ecoponto. Nesta operação são triados materiais que possuem valor comercial como plásticos, papel e sucata de ferro, que são armazenados em *bags*, que posteriormente serão transportados para o ponto de destinação final (usina de triagem), por meio do caminhão utilizado na coleta seletiva. Na usina de triagem os materiais são prensados, armazenados e comercializados, sendo convertidos em receita para a COOPRELP. Os demais resíduos: RCC, podas de árvores e restos de jardinagem, madeira e inservíveis são carregados por meio de uma máquina pá carregadeira nos caminhões da prefeitura (basculantes e *roll-on roll-off*) e transportados para o aterro de RCC, (ponto de disposição final), localizado no Distrito Industrial II, finalizando o processo.

Os caminhões basculantes transportam os RCC, madeira e os materiais inservíveis. O caminhão equipado com equipamento *roll-on roll-off* transporta as podas de árvores e restos de jardinagem. Esta operação ocorre duas vezes por semana (terça, e sexta-feira).

8.2.4 Processo 4: Fiscalização

Além do PMGIRS, o município possui a Lei municipal nº 2.911 de 07 de fevereiro de 2001, que instituiu a Política Municipal de Meio Ambiente (PMMA), contendo as diretrizes que disciplinam a fiscalização do manejo dos resíduos. A modelagem deste processo é demonstrada na Figura 36.

Figura 36: Modelagem (As-Is) do processo Fiscalização



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

A Lei municipal nº 2.911 já contemplava os critérios orientadores para fiscalização ambiental municipal, inclusive para os resíduos sólidos, porém, na época de sua instituição, os resíduos gerados na construção civil não tinham a mesma importância que era dada aos RSD. Em função da necessidade de atualização foi instituído o Decreto municipal nº 314 de 03 de outubro de 2014, que deu nova redação a Lei 2911, incluindo então os deveres e obrigações dos agentes envolvidos desde a geração até a destinação final dos RCC.

Desta forma, este Decreto é a base legal para o processo de fiscalização dos geradores e transportadores no município. Porém, a SAMA, que é o órgão municipal oficial responsável pela fiscalização do processo de gerenciamento de RCC, adota uma postura com ênfase na orientação, e não apenas na penalização das infrações.

O processo inicia-se com o recebimento pela SAMA das denúncias e reclamações dos munícipes, por meio de ligações telefônicas, mensagem de e-mail e whatsapp, ouvidoria e pedidos protocolados diretamente na secretaria. As reclamações mais comuns são provenientes do descarte irregular de resíduos pelos geradores nas calçadas em vias públicas, nas áreas verdes e nas margens de estradas na área rural. Quanto aos transportadores, é comum reclamações das condições de transporte dos RCC e seu derramamento em vias públicas.

Após o recebimento, um servidor realiza a avaliação da denúncia ambiental, verificando se é possível identificar o infrator denunciado, registrando também os dados da localização da irregularidade. Caso seja impossível identificar o infrator, no caso da disposição dos resíduos em vias públicas, um veículo da prefeitura é designado para realizar a coleta dos entulhos. No caso de denúncias que possibilitam a identificação clara da localização e da identificação do denunciado, um funcionário é designado para realizar a fiscalização. No local da fiscalização são verificadas as seguintes condições:

- a) se a irregularidade já foi sanada o processo é finalizado;
- b) nos casos onde a irregularidade é reincidente, o fiscal elabora o laudo de infração ambiental, com base nos critérios estabelecidos pelo Decreto municipal nº 314/2014, gerando uma multa, que é encaminhada para o infrator (gerador ou transportador). Neste caso, a prefeitura por meio dos veículos da SAMA realiza o processo de coleta e transporte dos resíduos para evitar maiores impactos ambientais. O infrator tem o prazo de 30 dias

caso queira recorrer da multa e a prefeitura mais 30 dias para responder o recurso do infrator.

8.2.5 Processo 5: Reciclagem de RCC

Este processo ocorre no interior da Usina de reciclagem de RCC e foi dividido em quatro etapas:

- Recebimento dos veículos na portaria;
- Triagem dos RCC;
- Trituração;
- Disposição de rejeitos no aterro de RCC.

A modelagem de processos com as atividades desenvolvidas na reciclagem de RCC pode ser observado na Figura 37.

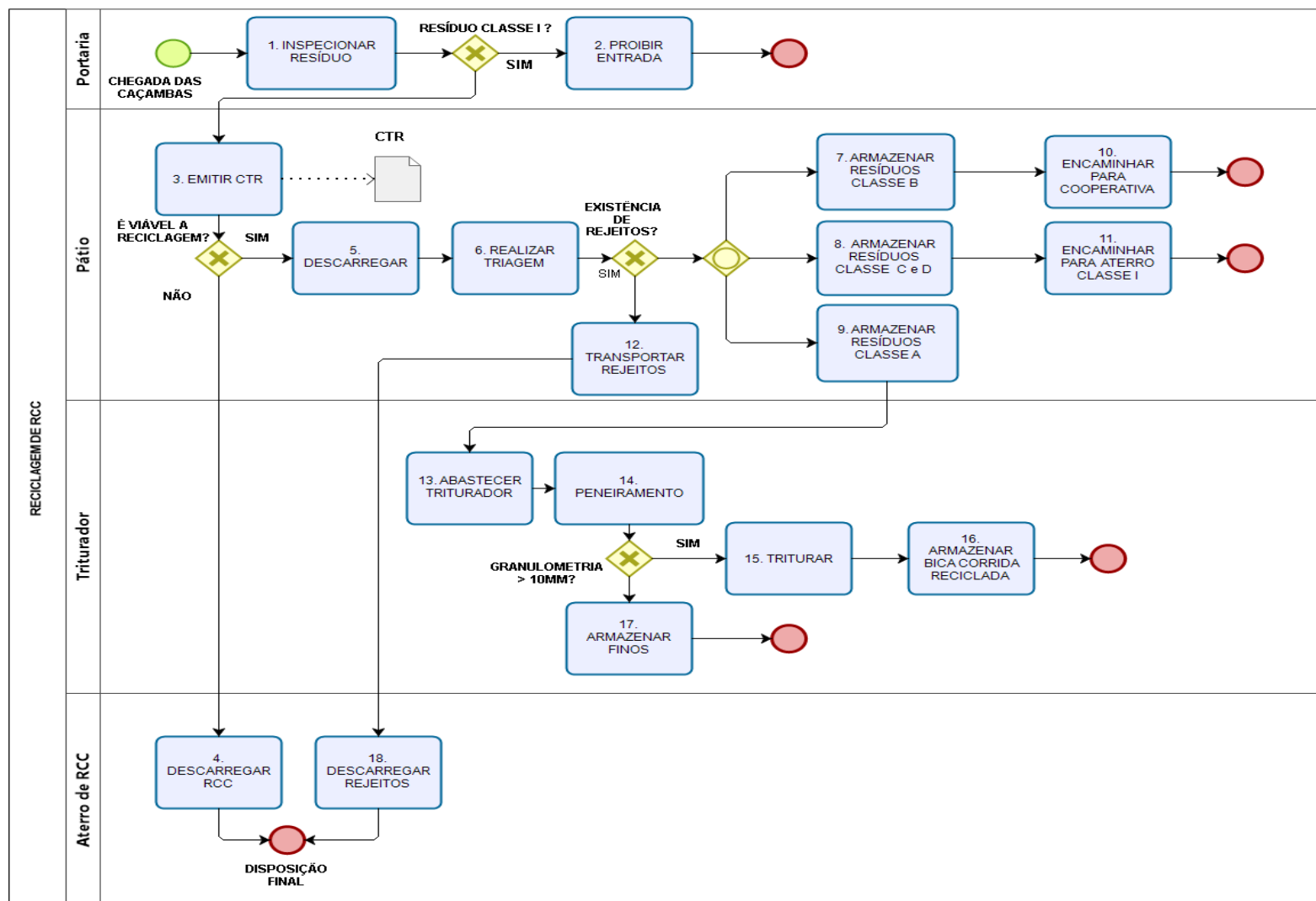
Recebimento dos veículos na portaria

A usina de reciclagem de RCC municipal recebe os resíduos de segunda à sexta-feira, das 07:00 às 17:00h. Ao chegar na portaria da usina o caminhão transportando a caçamba com entulho passa por uma inspeção visual, realizada pelo vigilante do setor, que também registra os seguintes dados: placa, motorista, data e horário de entrada. As demais informações da caçamba são registradas já no interior da Usina de RCC, por meio do preenchimento do Controle de Transporte de Resíduos (CTR).

Esta inspeção é realizada para assegurar que os resíduos destinados ao local pertençam exclusivamente a Classe II-B (resíduos não perigosos e inertes), de acordo com norma ABNT NBR 10004:2004, que classifica os resíduos sólidos de acordo com sua periculosidade.

Caso seja constatado nesta primeira inspeção a presença de resíduos classe I (resíduos perigosos), o caminhão é imediatamente impedido de prosseguir para o interior da usina e o motorista é orientado quanto a correta destinação deste tipo de resíduo. Se constatado a presença de resíduos classe II-A (resíduos não perigosos e não inertes, o motorista é orientado a descarregar a caçamba diretamente no aterro de RSD, devidamente acompanhado do responsável do setor.

Figura 37: Modelagem (As-Is) do processo: Reciclagem de RCC



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Após ser liberado pela portaria o caminhão segue para o pátio da usina de reciclagem e será orientado sobre o local de descarregamento (Figura 38). Um servidor da prefeitura municipal, responsável pelo setor, faz uma nova inspeção visual da carga objetivando decidir o destino da caçamba:

Figura 38: Pátio de recebimento das caçambas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

- Se verificado que a composição predominante dos resíduos contidos na caçamba seja da classe A ou classe B, o descarregamento será diretamente no pátio da usina, para que os mesmos sejam triados e posteriormente reciclados;
- Nas caçambas em que a composição dos resíduos seja muito heterogênea, inviabilizando sua triagem e reciclagem, o motorista é orientado a realizar o descarregamento diretamente no aterro de RCC.

Na CTR (Figura 39), são registrados os dados da empresa, veículo, composição dos resíduos, volume e destinação (reciclagem ou aterro) dos RCC. O registro é realizado manualmente pelo responsável do setor e algumas vezes, por um servidor da prefeitura, que realiza também o trabalho de triagem dos materiais. São preenchidas três vias, sendo que a primeira via é encaminhada para a SAMA, para emissão das guias de cobrança. A segunda via pertence a empresa transportadora e a terceira via permanece na usina de reciclagem para controle interno. As empresas recolhem o valor de R\$ 5,20/m³ aos cofres da prefeitura para custear as operações da usina e do aterro.

Figura 39: Certificado de Transporte de Resíduos (CTR)

O formulário do CTR contém os seguintes elementos:

- Logos e Identificação:** Logos da CTR, do Governo Municipal de Leme (Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente), do 160º aniversário e do Município de Leme.
- Nº CONTROLE:** 14301
- Campos de Preenchimento:**
 - Empresa: _____ Data: ____/____/____
 - Condutor: _____ Placa: _____ Horário: _____
 - Destino: ☐ ATERRO ☐ PÁTIO
 - ☐ PEQ ☐ MED ☐ GDE ☐ EXG m³: _____
- OBSERVAÇÃO:** Área com linhas para texto.
- Assinaturas:** Campos para CONDUCTOR e RECEBIMENTO.

Fonte: SAMA, 2020.

Triagem dos RCC no patio da Usina

Após o descarregamento dos entulhos no pátio da usina inicia-se o processo de triagem dos RCC. Este processo é realizado manualmente por duas equipes com auxílio de uma máquina pá-carregadeira. A primeira equipe é composta por três membros da COOPRELP que realizam a triagem e separação dos resíduos classe B, presentes nas embalagens que acondicionam a matéria prima utilizada nas atividades de construção, reparos e reformas (Quadro 16).

Quadro 16: Identificação da triagem dos resíduos Classe B

Resíduos classe B triados pela COOPRELP	embalagens de cimento, cal, argamassa e rejunte; latas de tinta, querosene e verniz; caixas de pisos, revestimentos e lâmpadas, cabos plásticos de ferramentas, lonas plásticas, plástico filme, fios de cobre, arame, barras de ferro e sacolas plásticas etc.
---	---

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Quando finalizada a primeira separação destes materiais, uma máquina pá-carregadeira realiza o espalhamento dos entulhos, permitindo que os recicláveis que estavam soterrados fiquem aparentes, possibilitando assim uma nova rodada de triagem.

Após esta etapa, os materiais são acondicionados em *bags* e transportados até a usina de triagem (instalada no mesmo local da usina de reciclagem de RCC), onde passa pelo processo de prensagem, armazenamento e venda para empresas especializadas na comercialização de recicláveis.

Este processo resulta em ganhos ambientais e econômicos, pois os resíduos classe B são destinados ao processo de reciclagem, permitindo que os mesmos retornem à cadeia produtiva, poupando recursos naturais e reduzindo a disposição final de resíduos sólidos no aterro de RCC.

A segunda equipe é composta por quatro servidores públicos que realizam a triagem específica dos resíduos Classe A. Nesta etapa, busca-se preparar os RCC para aumentar a eficiência do processo de trituração e reciclagem. Manualmente, os trabalhadores separam os entulhos de maiores dimensões (acima de 25 cm). Estes materiais são armazenados separadamente para posteriormente serem rompidos em frações menores e seguirem para o triturador.

No processo ocorre ainda a separação de restos de madeira, como caibros, chapas, vigas, tábuas e estacas. Estes materiais são armazenados separadamente e comercializados pela COOPRELP com empresas do município que realizam sua trituração. As barras de ferro contidas nas vigas de concreto também são separadas e cortadas, sendo encaminhadas para comercialização como sucata de ferro. Ao final da primeira rodada de triagem a máquina pá-carregadeira realiza novamente o espalhamento dos resíduos, o que possibilita uma nova rodada de seleção.

Finalizado o processo de triagem e separação os entulhos são armazenados em dois lotes: materiais cinza, com predominância de concreto e material vermelho com predominância de telha, tijolo, revestimentos, argamassa e solos.

Trituração dos RCC

Após a triagem e armazenamento em lotes distintos chega-se a fase de trituração dos RCC. Com uma máquina pá-carregadeira os resíduos são transportados para o alimentador vibratório (Figura 40), funcionando como uma espécie de “pulmão”, que em seguida lança os resíduos no britador de impacto. A parte inferior do alimentador possui uma grelha que tem a função de realizar uma espécie de peneiramento, onde são retidos os resíduos com dimensão acima de 10mm, os quais seguem para a etapa de trituração.

Figura 40: Abastecimento do triturador

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Os resíduos com dimensão inferior a 10mm são lançados em uma esteira e transportados para o armazenamento de “finos” (Figura 41), os quais já estão prontos para reutilização pela prefeitura municipal, sem a necessidade de passar pela etapa de trituração no britador. Os resíduos que seguem para o britador de impacto são triturados e lançados em uma esteira transportadora. Esta esteira possui um separador magnético, que retém restos de pregos e pedaços de ferro de pequenas dimensões que passam pelo britador.

Figura 41: Armazenamento de RCC com maior teor de “finos”

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

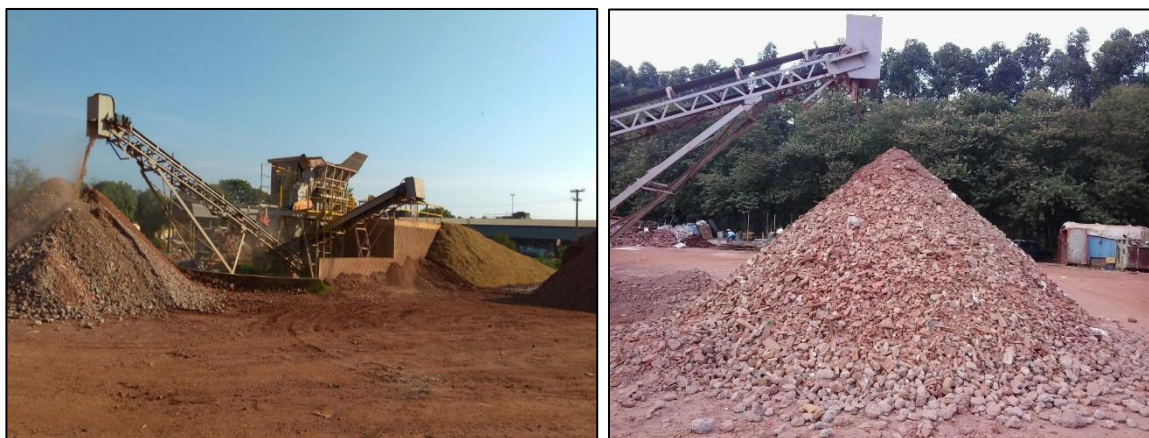
Toda operação, desde o alimentador vibratório até o transporte pelas esteiras, é controlada por um painel de comando, instalado em uma sala ao lado do britador. Sempre que o sistema é ativado uma sirene é disparada para informar aos operadores e trabalhadores do setor que a operação de trituração será iniciada.

O sistema é automaticamente desativado quando algum evento inesperado ocorre, como o travamento de algum equipamento ou a sobrecarga elétrica. O painel de comando registra também a quantidade de horas trabalhadas e o volume triturado de resíduos.

Um operador da usina fica posicionado ao lado do britador, retirando manualmente objetos como barras de aço e restos de madeiras, que não foram selecionados na etapa de triagem, retirando os entulhos com dimensão superior ao suportado pelo britador. Esta atividade é necessária para garantir o correto funcionamento do equipamento, impedindo seu travamento e a perda de produtividade.

Finalmente, a esteira deposita o RCC triturado (Figura 42), formando uma pilha com material de dimensão mista, chamado de “bica corrida”, em função da ausência de peneiramento para classificação granulométrica, estando disponível para reutilização pela prefeitura municipal. Na prefeitura este produto é chamado de “RCC reciclado” ou “entulho reciclado”.

Figura 42: RCC reciclado - Produto “Bica corrida”



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Disposição de rejeitos no aterro de RCC

Os veículos transportando os resíduos que não passaram pelo processo de triagem são encaminhados direto para o aterro de RCC, onde ocorrerá sua disposição final. Além destes resíduos, ocorre neste local a disposição final dos rejeitos provenientes do processo de triagem de RCC realizado no pátio da usina. Estas atividades são detalhadas na modelagem do processo de disposição final de RCC na seção 8.2.7.

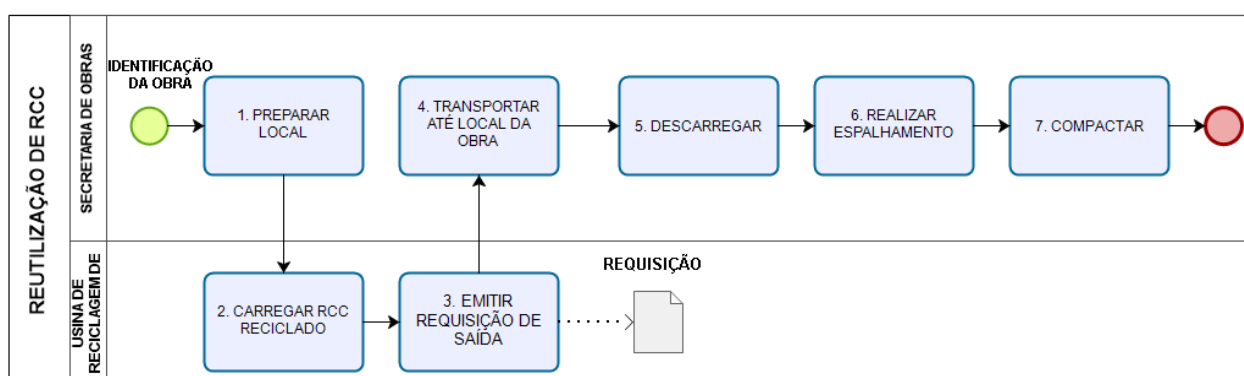
8.2.6 Processo 6: Reutilização do RCC reciclado

Em função do poder público ser o responsável pelas operações da usina de reciclagem, todo RCC reciclado fica à disposição da prefeitura, que são reutilizados em grande escala na regularização das estradas rurais do município, em substituição ao material conhecido como “cascalho”. O cascalho é extraído e transportado de jazidas localizadas a distâncias cada vez maiores do município de Lençóis Paulista, tornando este serviço oneroso para os cofres públicos. De acordo com Marinkovic et al. (2010), as longas distâncias resultam em impactos ambientais ainda superiores, favorecendo o emprego do RCC reciclado.

Em função das restrições ambientais, a liberação de novas jazidas para extração deste material tem se tornado mais restritas, provocando escassez do produto. Diante deste cenário, o emprego do RCC reciclado resulta em duplo ganho ambiental: o retorno dos resíduos à cadeia da construção civil e a diminuição da extração de recursos da natureza (cascalho). A modelagem (*As-Is*) do processo de reutilização dos RCC reciclados pode ser observada na Figura 43.

O processo inicia-se com a identificação pela secretaria de obras dos trechos nas vias rurais que necessitam de regularização ou recuperação, devido a ocorrência de erosões provocadas principalmente em períodos de alta precipitação pluviométrica. Nestas estradas transitam caminhões que transportam madeira, cana e laranja, além de ser utilizada por pequenos agricultores para escoar sua produção.

Figura 43: Modelagem (*As-Is*) do processo de reutilização dos RCC



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Após a identificação, o trecho é preparado por meio de máquinas pesadas (pá-carregadeira e motoniveladora) para receber o RCC reciclado. Na sequência, os caminhões basculantes seguem para usina de reciclagem para carregar os RCC

reciclados.

Finalizado o carregamento dos RCC na usina, é gerada uma requisição de saída para identificar os dados do veículo, o volume transportado e o trecho a ser regularizado. Em seguida o material é transportado e descarregado formando “pilhas” ao longo dos trechos a serem regularizados. Conforme discutido na modelagem do processo da usina de reciclagem são empregados dois tipos de RCC reciclado:

- resíduos com maior teor de “finos” - granulometria inferior a 10mm;
- resíduos triturados com dimensão mista superior a 10mm, conhecido como “bica corrida”.

A “bica corrida” é aplicada inicialmente para recompor a base da via (Figura 44) e os materiais com maior teor de finos são aplicados no final para realizar o acabamento e preenchimento dos “vazios”, resultando na suavização da via e na maior capacidade de drenagem. O espalhamento dos materiais é realizado por uma máquina motoniveladora até atingir uma uniformidade da via. Em alguns casos, é necessária a utilização de um rolo compactador antes da liberação da via para o trânsito.

Figura 44: Reutilização do RCC reciclado em estradas rurais (LEP 335)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Os servidores públicos que trabalham nestas obras atestam que a qualidade e a capacidade de drenagem das vias regularizadas com o RCC reciclado é superior as vias regularizadas com o cascalho. Na Figura 45 pode-se verificar imagens da Rodovia municipal LEP 335, que foi regularizada com RCC reciclado, principalmente nos pontos de maior erosão.

Figura 45: Situação da via LEP 335 “anterior” e “posterior” a regularização com RCC reciclado

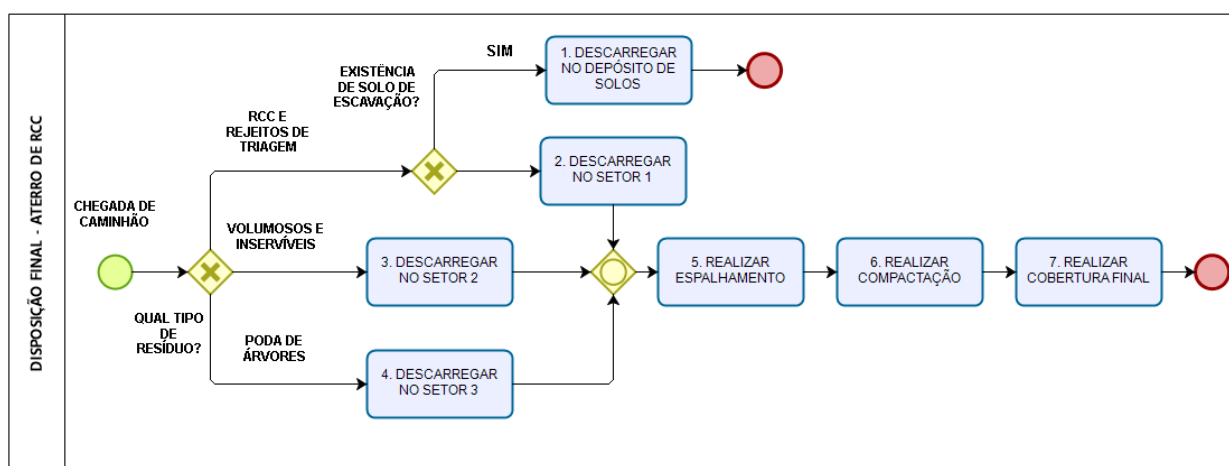


Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

8.2.7 Processo 7: Disposição final dos resíduos no aterro de RCC

O aterro de RCC, localizado a 900 metros da Usina de reciclagem, é o único ponto no município licenciado na CETESB para disposição final dos resíduos da construção e resíduos inertes. A modelagem com os processos desenvolvidos nesta fase pode ser observada na Figura 46.

Figura 46: Modelagem (As-Is) do processo: Disposição final – Aterro de RCC



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Conforme discutido anteriormente, todos caminhões transportando as caçambas de entulho, antes de acessar o aterro, devem obrigatoriamente passar pelo pátio de recepção da Usina de Reciclagem de RCC para emissão da CTR.

Ao chegar no aterro o motorista do caminhão é orientado a descarregar em três setores diferentes de acordo com o tipo de resíduo. Esta orientação é dada pelo operador da máquina esteira que trabalha no aterro. Destaca-se que o local é licenciado para receber RCC e outros resíduos inertes. Desta forma, o aterro recebe os veículos transportando os seguintes resíduos:

- RCC transportado pelos caminhões que prestam o serviço de coleta no município e que não passaram pelo processo de triagem na usina de reciclagem (em função da inviabilidade discutida na modelagem da Figura 37). Estes resíduos são descarregados no Setor 1.
- Rejeitos provenientes do processo de triagem na usina de reciclagem de RCC. Estes rejeitos são transportados por caminhão próprio da prefeitura e descarregados no Setor 1;
- Resíduos volumosos e inservíveis provenientes da coleta realizada duas vezes por semana pela prefeitura municipal e da limpeza dos ecopontos, descarregados no Setor 2;
- Resíduos do serviço de poda de árvores em vias públicas, também realizado pela prefeitura municipal e descarregados no Setor 3.

Os caminhões transportando solos provenientes de escavação são descarregados ao longo das laterais da área, permitindo sua reutilização para cobertura final do aterro.

Após o descarregamento pelos caminhões, uma máquina esteira realiza o trabalho de espalhamento e compactação dos resíduos. Próximo ao final da jornada diária, a mesma máquina realiza a cobertura dos materiais depositados por meio de uma camada de solos, finalizando o processo.

8.3 Análise quantitativa do volume processado no sistema

Para conhecer o desempenho atual do sistema de gerenciamento foram levantados os dados do volume de resíduos coletados, o total processado e reciclado na usina de RCC. Foram utilizados os dados do período compreendido entre novembro de 2018 e outubro de 2019, gerando os resultados da Tabela 10. Estes dados têm como fonte as CTRs da usina de reciclagem.

Tabela 10: Volume coletado e reciclado de RCC no município de Lençóis Paulista

Período	Dimensão das caçambas			Total de caçambas	Volume total (m³)	Volume reciclado (m³)	Índice de reciclagem (m³)
	Pequena 3m³	Média 4m³	Grande 5m³				
nov/18	382	305	0	687	2.366	584	24,7%
dez/18	378	298	4	680	2.346	534	22,8%
jan/19	564	373	0	937	3.184	548	17,2%
fev/19	457	305	0	762	2.591	584	22,5%
mar/19	445	309	0	754	2.571	352	13,7%
abr/19	520	347	10	877	2.998	688	22,9%
mai/19	426	280	20	726	2.498	484	19,4%
jun/19	439	290	8	737	2.517	820	32,6%
jul/19	555	353	2	910	3.087	256	8,3%
ago/19	432	287	1	720	2.449	568	23,2%
set/19	394	321	3	718	2.481	544	21,9%
out/19	475	331	2	808	2.759	892	32,3%
TOTAL	5.467	3.799	50	9.316	31.847	6.854	21,5%

Fonte: SAMA, 2020.

No período analisado foram coletadas 9.316 caçambas, sendo a maior frequência a de tamanho médio (58,7% do total). Considerando o período de operação da usina de reciclagem (dias úteis) chega-se a média diária de 35 caçambas, representando 120,6 m³/dia, totalizando 31.847 m³/ano.

Utilizando a massa dos RCC de 1,2 t/m³, identificada por Pinto (1999) para o município de São Paulo, estimou-se que são geradas na cidade de Lençóis Paulista 38.216 t/ano de RCC. De acordo com dados da SAMA, o volume coletado de RSD no município é de 14.400,0 t/ano, e os demais resíduos coletados pelo poder público municipal são 3.376,0 t/ano, totalizando 17.776,0 t/ano.

Com estes valores conclui-se que os RCC representam 68,2% do total de RSU coletado no município. O valor verificado é mais próximo das estimativas de Silva e Fernandes (2012) – 60,0% e Cabral et al. (2009) – 50,0%, porém, distante das estimativas da ABRELPE (2018), que apontam que os RCC representaram 36,0% do total de RSU coletados nos municípios brasileiros no ano 2018.

Considerando a população de Lençóis Paulista - 68.432 habitantes (IBGE,

2019), e a massa gerada dos resíduos, estima-se que a geração per capita de RCC é de 0,558 t/hab./ano, próximo as estimativas da SMA (2014) para alguns municípios do estado de São Paulo – 0,510 t/hab.ano, e dentro das estimativas do Sinduscon/SP (2012) que é situada entre 0,4 e 0,7 t/hab.ano.

No período foram reciclados e reutilizados 6.854 m³ de RCC, que resulta no índice de reciclagem e recuperação dos resíduos de 21,5%. Destaca-se que este índice contempla apenas os RCC Classe A, ou seja, outros resíduos como plásticos e papel, que também passam pelo processo de triagem não foram considerados neste cálculo. Na cidade de Jundiaí, no interior de São Paulo, o índice de reciclagem é superior, pois segundo estudo de Leite (2017), aquele município consegue reciclar 37% do total de RCC gerado.

Devido a dificuldade em obter-se fontes atualizadas que registram o índice de reciclagem para demais municípios do Estado, o resultado calculado para Lençóis Paulista foi comparado com os valores de outros países: Na África do Sul o índice é de 16% e na China tem-se o valor de 40%. Nos países mais desenvolvidos os resultados são mais expressivos: Os EUA reciclam 48% e na Alemanha o índice atinge 86% (TAM; SOOMRO; EVANGELISTA, 2018). Estes valores evidenciam o distanciamento entre os índices de reciclagem e recuperação de RCC nos países em desenvolvimento em relação aos países desenvolvidos.

8.3.1 Etapa 5.A – Avaliação e Validação da Modelagem

Após a modelagem cada diagrama foi apresentado aos respectivos coordenadores e responsáveis de cada processo de gerenciamento municipal de RCC para validação do modelo. Nesta fase da pesquisa foi possível incluir e alterar os executores, as atividades e as conexões presentes em cada etapa dos sete processos, tornando-as mais próximas do contexto real. A validação ocorreu com os seguintes entrevistados:

- Secretário de Meio Ambiente – responsável pelo macroprocesso do gerenciamento de RCC;
- Coordenadora de meio ambiente: responsável pelo processo de coleta e transporte pelos agentes públicos e pelo processo de Fiscalização.

- Coordenador da Usina de Reciclagem de RCC – responsável pelos processos: Reciclagem, Reutilização e Disposição final dos resíduos no aterro de RCC;
- Funcionário da empresa de coleta e transporte de RCC – responsável pelo processo de transporte pelos agentes privados;
- Funcionário do Ecoponto – responsável pelo processo de coleta e transporte dos ecopontos;

As modelagens apresentadas na seção 8.1 foram realizadas após as alterações propostas pelos coordenadores e responsáveis, ou seja, após a validação final dos modelos.

Finalizada a validação, a modelagem foi novamente apresentada aos coordenadores e responsáveis pelos respectivos processos. Verifica-se por meio da modelagem que o poder público municipal é o agente indutor do manejo dos resíduos, pois além de criar as condições para correta gestão, a prefeitura está presente em seis, dos sete processos de gerenciamento analisados.

8.4 Etapa 4.D – Desenvolvimento da Modelagem (*To-Be*)

Nesta seção são apresentadas as etapas do *framework* referentes a modelagem (*To-Be*).

8.4.1 Avaliação dos aspectos legais do sistema de gerenciamento

O texto legal da Resolução CONAMA nº 307/2002 e suas alterações 348/2004, 431/2011, 448/2012, e 469/2015, foi o principal instrumento jurídico empregado na modelagem (*To-Be*) do gerenciamento municipal de RCC.

Foram selecionados 19 itens objetivos desta Resolução, e posteriormente verificado por meio dos Formulários 3 e 4, se as ações de gerenciamento de RCC no município enquadram-se no conteúdo estabelecido pela resolução. Os resultados foram divididos entre as ações de manejo pertinentes ao poder público (Quadro 17) e as ações pertinentes ao setor privado (Quadro 18).

Quadro 17: Enquadramento das ações de gerenciamento de RCC em relação as diretrizes e critérios estabelecidos na resolução CONAMA nº 307/2002 - Setor Público

DIRETRIZES E CRITÉRIOS DA RESOLUÇÃO CONAMA nº 307/2002 e ALTERAÇÕES nº 348/2004, 431/2011, 448/2012 e 469/2015			ENQUADRAMENTO
Atende Integralmente (I)	Atende Parcialmente (P)	Não Atende (NA)	
Art. 5º - Município possuir Plano Municipal de Gestão de RCC elaborado em consonância com o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.			I
Art. 6º I - Existência de diretrizes técnicas e procedimentos para o exercício das responsabilidades dos pequenos geradores e dos grandes geradores.			I
Art. 6º II - Cadastramento de áreas, públicas ou privadas, aptas para recebimento, triagem e armazenamento temporário de pequenos volumes, em conformidade com o porte da área urbana municipal, possibilitando a destinação posterior dos resíduos oriundos de pequenos geradores às áreas de beneficiamento.			I
Art. 6º III - Estabelecimento de processos de licenciamento para as áreas de beneficiamento e reservação de resíduos e de disposição final de rejeitos.			I
Art. 6º IV - Proibição da disposição dos resíduos de construção em áreas não licenciadas.			I
Art. 6º V - Incentivo à reinserção dos resíduos reutilizáveis ou reciclados no ciclo produtivo.			P
Art. 6º VI – Existência de critérios para o cadastramento de transportadores.			I
Art. 6º VII – Presença das ações de orientação, de fiscalização e de controle dos agentes envolvidos.			I
Art. 6º VIII – Trabalho com ações educativas visando reduzir a geração de resíduos e possibilitar a sua segregação.			P

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

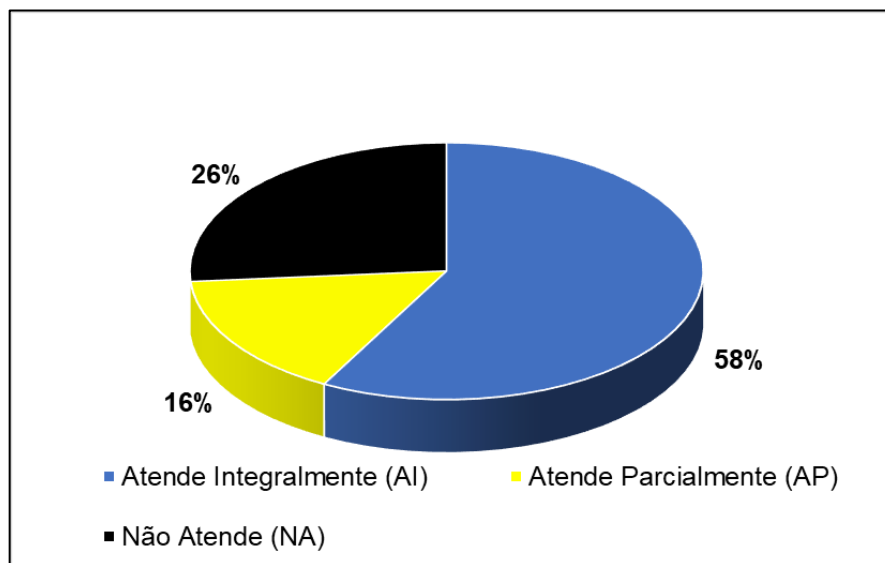
Quadro 18: Enquadramento das ações de gerenciamento de RCC em relação as diretrizes e critérios estabelecidos na resolução CONAMA nº 307/2002- Setor Privado

DIRETRIZES E CRITÉRIOS DA RESOLUÇÃO CONAMA nº 307/2002 e ALTERAÇÕES nº 348/2004, 431/2011, 448/2012 e 469/2015		ENQUADRAMENTO
Atende Integralmente (I) Atende Parcialmente (P) Não Atende (NA)		
Art. 8º § 1º - Os Planos de Gerenciamento de RCC, de empreendimentos e atividades não enquadrados na legislação como objeto de licenciamento ambiental devem ser apresentados ao órgão municipal competente.		NA
Art. 8º § 2º - Os Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil de empreendimentos e atividades sujeitos ao licenciamento ambiental deverão ser analisados dentro do processo de licenciamento, junto aos órgãos ambientais competentes.		NA
Art. 9º I – Existência da caracterização dos resíduos.		NA
Art. 9º II – Realização de triagem pelo gerador na origem ou nas áreas de destinação licenciadas para essa finalidade, respeitadas as classes de resíduos.		P
Art. 9º III - Confinamento dos resíduos após a geração até a etapa de transporte, assegurando em todos os casos em que seja possível as condições de reutilização e de reciclagem.		I
Art. 9º IV – Transporte de acordo com as normas técnicas vigentes para o transporte de resíduos.		I
Art. 10 I – Os resíduos Classe A são reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados a aterro de resíduos classe A de reservação de material para usos futuros.		I
Art. 10 II – Os resíduos Classe B são reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.		I
Art. 10 III – Os resíduos Classe C são armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.		NA
Art. 10 IV – Os resíduos Classe D são armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.		NA

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Na Figura 47 pode-se verificar o resultado da avaliação de acordo com os três níveis de enquadramento.

Figura 47: Enquadramento das ações do gerenciamento de RCC em relação a resolução CONAMA nº 307/2002



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

De acordo com os resultados da avaliação verifica-se que 11 itens da legislação são **atendidos integralmente** com as ações desenvolvidas de gerenciamento dos RCC, representando 58% do total.

Neste grupo está o art. 5º, que versa sobre a elaboração do PMGRCC em consonância com o PMGIRS e o art. 6º nos incisos I, II, III, IV, VI e VII, que tratam da existência de critérios específicos para os pequenos e grandes geradores de RCC, cadastramento de áreas para recebimento dos resíduos, estabelecimento dos critérios para licenciamento de áreas de beneficiamento e reservação, proibição da disposição de resíduos em locais não licenciados, cadastramento e controle dos transportadores de RCC e o estabelecimento dos meios de fiscalização dos agentes envolvidos. Destaca-se que estas ações são desenvolvidas diretamente pelo poder público municipal.

Os incisos III e IV do art. 9º e incisos I e II do art. 10 completam os itens que receberam enquadramento integral. Estes incisos tratam das obrigações dos geradores que determinam: confinamento dos resíduos até a etapa de transporte, (de acordo com as normas vigentes), o encaminhamento dos resíduos Classe A, e dos resíduos classe B para reutilização ou reciclagem.

Foram verificados três itens com **atendimento parcial**, totalizando 16% do estudo. Nesta condição estão o art. 6º inciso V e VIII e o art. 9º no inciso II. O art. 6º

inciso V indica que devem ser implementadas medidas de reinserção e reutilização dos resíduos recicláveis no ciclo produtivo. Conforme mencionado na seção que tratou sobre a modelagem da reutilização do RCC reciclado, a prefeitura por meio da SMO emprega o material triturado na regularização das estradas rurais.

Porém, não existem políticas de incentivo do emprego destes materiais orientado ao setor privado, o que justificou o enquadramento parcial deste quesito. A dificuldade em desenvolver uma política de incentivo da utilização do RCC beneficiado pode ser justificada, até o momento, pela ausência do controle tecnológico do material reciclado na usina e pelo fato de não ser produzido, até o momento, a pedra e areia reciclados, provenientes dos resíduos de concreto.

A SAMA desenvolve constantemente ações de educação ambiental orientada aos resíduos sólidos, seja nas escolas ou nas residências, porém, não foi desenvolvido até o momento um programa de educação ambiental junto aos geradores de RCC visando a redução da geração de resíduos e sua segregação. Desta forma, o art. 6º inciso VIII foi classificado como atendido parcialmente.

As ações pertinentes ao art. 9º inciso II, estabelecem a necessidade de triagem dos RCC na origem da geração dos resíduos ou nos locais de destinação. Este quesito foi classificado como parcialmente atendido em função da ausência de triagem dos RCC nos canteiros de obra, pois esta atividade ocorre somente no local de destinação final dos resíduos, neste caso, na usina de reciclagem.

Constatou-se que cinco itens da resolução CONAMA **não são atendidos** pelas ações de gerenciamento de RCC no município, representando 26% do total analisado. Destaca-se que estes itens estão concentrados nos critérios pertinentes ao setor privado, ou seja, nos geradores e transportadores.

Os primeiros quesitos são abordados no art. 8º § 1º e § 2º, que destacam a elaboração do PGRCC pelos geradores. Durante a modelagem (As-IS) Não foram verificadas ações que garantam a entrega do PGRCC aos órgãos municipais competentes, pois o município não impõe obrigatoriedade da entrega do PGRCC pelos geradores, o que poderia ser feito quando o empreendimento é protocolado na SMO para solicitação do alvará de construção. Além disto, não há o acompanhamento dos planos licenciados na esfera estadual, quando da necessidade de licenciamento ambiental.

Os demais itens que foram classificados como “não atendidos”, dizem respeito a caracterização e quantificação dos resíduos pelos geradores (art. 9º inciso I) e o adequado armazenamento e transporte dos RCC Classe C e Classe D (art. 10 incisos III e IV). Em termos quantitativos, o único controle exercido pelos geradores é o número de caçambas transportadas, o que permite estimar o volume gerado em cada obra, porém, não é verificado a quantificação e caracterização por classes de resíduos. Além disto, os geradores não realizam a triagem e transporte de forma segregada dos resíduos Classe C e Classe D, transferindo esta obrigatoriedade para o local de destinação final, ou seja, esta triagem é realizada somente na usina de reciclagem.

8.4.2 Benchmarking do gerenciamento Estadual de RCC

Nesta seção é realizado o *benchmarking* do gerenciamento de RCC no município de Lençóis Paulista em relação as práticas de manejo identificadas nas demais cidades do Estado de São Paulo e discutidas no capítulo 6.

Cerca de 58,45% dos municípios possuem o PMGIRS, porém o SNIS não permite identificar a existência dos Plano específico de RCC por parte destas localidades. Em Lençóis Paulista o PMGRCC está inserido no PMGIRS, aprovado no ano 2013.

O panorama identificou quais equipamentos são utilizados no processo de coleta e transporte. Em 276 municípios este serviço é executado por empresas equipadas com caçamba poliguindaste, seguido pela coleta realizada eventualmente por veículos da Prefeitura em 257 localidades. A coleta realizada por veículos de pequeno porte ou de tração animal está presente em 95 cidades.

Em Lençóis Paulista o serviço segue a lógica observada no panorama, porém, não é observado a presença do serviço executado por veículos de pequeno porte e tração animal, característico de pequenos municípios. Salienta-se que a coleta realizada por veículos da Prefeitura é empregada somente nas obras públicas, nos pontos de descarte irregular e nos ecopontos.

Quanto aos agentes executores da coleta o panorama apresenta três opções: Empresas de coleta, Prefeitura municipal e o Gerador de resíduos. Em Lençóis Paulista a coleta é realizada por dois agentes (empresas de caçamba e prefeitura municipal), o que é observado em 61 municípios. A presença da coleta realizada pelo

próprio gerador, concomitante aos demais agentes, é observada em 121 localidades (18,7% das cidades do Estado). Neste ponto, destaca-se que em Lençóis Paulista não é comum a execução do serviço diretamente pelo próprio gerador.

Já em relação a destinação e disposição final verifica-se que o município de Lençóis Paulista possui instalações devidamente licenciadas e apropriadas para o adequado gerenciamento dos resíduos. A cidade conta com Usina de Reciclagem e Aterro de RCC. De acordo com dados da SMA (2019), somente 11% dos municípios do Estado de São Paulo destinam seus resíduos para Usinas e 8,8% para Aterros licenciados.

8.4.3 Metas de aumento da produtividade

De acordo com os dados da seção 8.3 a usina de reciclagem recebe anualmente 31.847 m³ de RCC, e 40,0% destes resíduos são destinados diretamente para o aterro de RCC, devido a presença de materiais heterogêneos nas caçambas, ocasionado pela falta de segregação do RCC na fonte de geração, inviabilizando sua triagem e reciclagem. Desta forma, o volume atualmente processado de resíduos é 19.108 m³/ano, resultando no volume reciclado de 6.854 m³/ano, ou seja, o índice de reciclagem atual é 21,5% em relação ao total recebido pela usina.

De acordo com estimativas da SAMA e do coordenador da Usina de reciclagem, com a implementação de melhorias nos processos e na execução das atividades, o setor pode processar até 25.478 m³/ano ou seja, 80% do total gerado e elevar o índice de reciclagem e reutilização dos resíduos Classe A para 40% (12.739,0 m³/ano).

8.4.4 Identificação das deficiências e proposição das melhorias

As deficiências resultaram da análise realizada na seção 8.4.1. Foram considerados os itens enquadrados como “atendido parcialmente” e “Não atendido”. Além desta análise, foram realizadas entrevistas com os gestores de cada processo e executores das atividades, empregando o Formulário 5, a fim de identificar as melhorias e possíveis soluções para aprimorar o sistema de gerenciamento. Os resultados são apresentados no Quadro 19.

Quadro 19: Deficiências identificadas e propostas de melhorias do gerenciamento de RCC

Deficiências identificadas	Processos relacionados	Melhoria proposta
Medidas de reinserção e reutilização dos resíduos reciclados	(5) e (6)	▪ Assegurar a qualidade do RCC reciclado ▪ Promover sua comercialização por meio de campanhas de divulgação do produto e incentivos econômicos com profissionais do setor da construção civil
Educação Ambiental orientada aos geradores de RCC	(1) e (4)	▪ Criar folder orientativo a ser distribuído aos munícipes que solicitam o alvará de construção ▪ Palestras com associação de engenheiros, profissionais da construção civil e comerciantes do mercado da construção
Ausência da segregação dos resíduos na fonte geradora	(1) e (4)	▪ Instruir o munícipe e construtores no ato de solicitação do alvará de construção quanto a necessidade de segregação dos resíduos no canteiro de obras ▪ Criar cobrança diferenciada no serviço de coleta e transporte dos RCC para os usuários que realizam a segregação dos resíduos
Ausência da entrega do PGRCC elaborados pelos grandes geradores à Prefeitura	(4)	▪ Condicionar o alvará de construção a entrega do PGRCC
Acompanhamento pela Prefeitura dos PGRCC licenciados na esfera estadual	(4)	▪ Envio do PGRCC pelo setor de engenharia à SAMA ▪ Fiscalização das obras de acordo com os critérios contidos no PGRCC e na Licença ambiental
Adequado armazenamento e transporte dos resíduos Classe C	(1)	▪ Criar cobrança diferenciada no serviço de coleta e transporte dos RCC para os usuários que realizam o armazenamento adequado dos resíduos Classe C ▪ Praticar cobrança diferenciada na taxa de recebimento dos RCC para os transportadores que destinam os resíduos Classe C armazenados adequadamente

Quadro 19: Deficiências identificadas e propostas de melhorias do gerenciamento de RCC

continuação

Deficiências identificadas	Processos relacionados	Melhoria proposta
Adequado armazenamento e transporte dos resíduos Classe D	(1)	▪ Criar cobrança diferenciada no serviço de coleta e transporte dos RCC para os usuários que realizam o armazenamento adequado dos resíduos Classe D ▪ Prefeitura praticar cobrança diferenciada na taxa de recebimento dos RCC na Usina de reciclagem para os transportadores que destinam os resíduos Classe D armazenados adequadamente
Fiscalização do processo de coleta e transporte	(1) e (4)	▪ Alocar mais dois servidores no processo de fiscalização ▪ Integrar o processo de fiscalização com o sistema de CTR ▪ Revisar valores de cobrança praticados pelo município nas infrações ambientais
Ausência do sistema integrado de gerenciamento	(1), (4) e (5)	▪ Criação de um sistema eletrônico de CTR integrando o gerador, transportador e Prefeitura
Identificação visual das caçambas	(1) (4) e (5)	▪ Empresas de coleta deverão identificar suas caçambas com os dados da empresa (nome e telefone) e capacidade volumétrica
Conscientização da responsabilidade do transportador no gerenciamento dos resíduos	(1)	▪ Promover reuniões periódicas com os proprietários das empresas de coleta, abordando os critérios jurídicos e ambientais que norteiam o gerenciamento dos RCC, enfatizando o papel do setor público e privado neste processo.
Segregação dos resíduos nas obras públicas	(2)	▪ Criar folder orientativo a ser distribuído aos servidores do setor de obras ▪ Segregação de resíduos no canteiro de obras ▪ Fiscalização no canteiro de obras pela SAMA
Limitada quantidade de ecopontos	(3)	▪ Criar dois ecopontos adicionais
CTR realizada manualmente	(2) e (5)	▪ Desenvolvimento do sistema eletrônico integrado de CTR com identificação das caçambas por meio de QR Code

Quadro 19: Deficiências identificadas e propostas de melhorias do gerenciamento de RCC

continuação

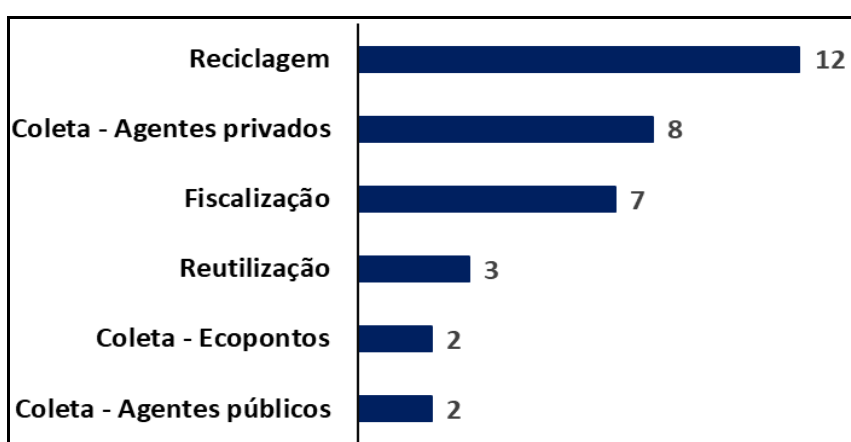
Deficiências identificadas	Processos relacionados	Melhoria proposta
Controle da CTR realizado em planilhas	(5)	▪ Desenvolvimento de um sistema eletrônico integrando o controle da CTR com o controle de produção da Usina de reciclagem
Valor da taxa de cobrança pela Prefeitura dos resíduos que são destinados pelas empresas de coleta na Usina de reciclagem é considera insuficiente	(5)	▪ Atualizar taxa de cobrança ▪ Estabelecer a cobrança diferenciada para os transportadores que destinam os resíduos segregados adequadamente
Triagem manual dos resíduos	(5)	▪ Instalar esteira mecânica de triagem
Impurezas contidas no RCC reciclado	(5)	▪ Instalar peneira de triagem mecânica ▪ Treinamento dos servidores da Usina de Reciclagem orientado a qualidade do RCC reciclado
Presença de material ferroso no RCC reciclado	(5)	▪ Substituir sistema de triagem magnética
Falta de valorização dos resíduos de madeira e da poda de árvores	(3) e (5)	▪ Instalar triturador de madeira
Ausência de classificação granulométrica	(5) e (6)	▪ Instalar peneira de classificação granulométrica
Qualidade do RCC reciclado	(5) e (6)	▪ Realizar ensaio do RCC reciclado de acordo com normas ABNT 15.115/2004 e 15.116/2004.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

O levantamento identificou **22 deficiências** e **34 propostas** de melhorias. Em seguida, o trabalho atribuiu quais processos estão relacionados a cada deficiência observada. Os processos que possuem as maiores deficiências são: Processo (5) - Reciclagem, Processo (2) - Coleta pelos agentes privados e Processo (4) - Fiscalização, que representam 79% das observações.

Figura 48 pode-se verificar a frequência que cada processo foi citado na modelagem (*As-Is*).

Figura 48: Processos e número de deficiências atribuídas



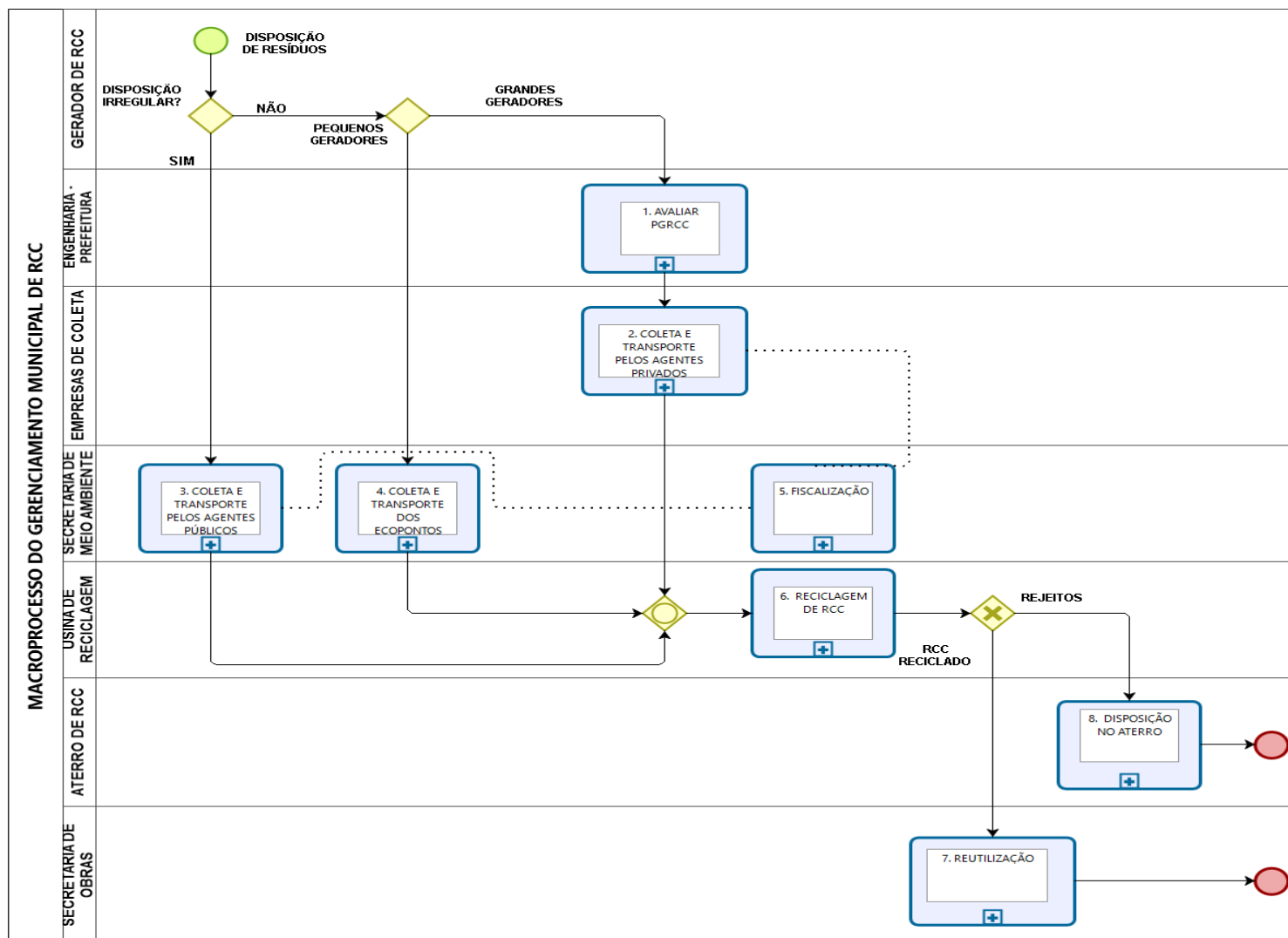
Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

8.5 Resultados da Modelagem (*To-Be*)

Na modelagem (*To-Be*) foi incluído o processo: “avaliação do PGRCC”. Com a inclusão deste item, a modelagem possui oito processos, (Figura 49) os quais foram renomeados e identificados a seguir:

- Processo (1) – avaliação do PGRCC;
- Processo (2) – coleta e transporte pelos agentes privados;
- Processo (3) – coleta e transporte pelos agentes públicos;
- Processo (4) – coleta e transporte dos ecopontos (PEV);
- Processo (5) – fiscalização;
- Processo (6) – reciclagem de RCC;
- Processo (7) – reutilização do RCC reciclado;
- Processo (8) – disposição final no aterro.

Figura 49: Modelagem (*To-Be*) do macroprocesso de gerenciamento municipal de RCC em Lençóis Paulista



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Além da inclusão do item (1), foram modificados os processos (2), (3), (5), (6) e (7). Tais modificações são apresentadas entre seções 8.5.1 e 8.5.6, tendo como origem as deficiências e as melhorias propostas na seção 8.4.4. Destaca-se algumas ações que devem ser implantadas pelo poder público e não estão contempladas diretamente na modelagem, mas são necessárias para aprimorar o gerenciamento municipal de RCC, a exemplo da educação ambiental e das campanhas de divulgação da utilização do produto reciclado.

A reinserção e reutilização dos resíduos reciclados, como preconiza o art. 6º inciso V da Resolução CONAMA nº 307/2002, pode ser alcançada por meio de campanhas da divulgação e incentivos econômicos do uso do material reciclado, orientado aos comerciantes e profissionais do setor da construção civil, desde que seja assegurado a qualidade final do RCC reciclado.

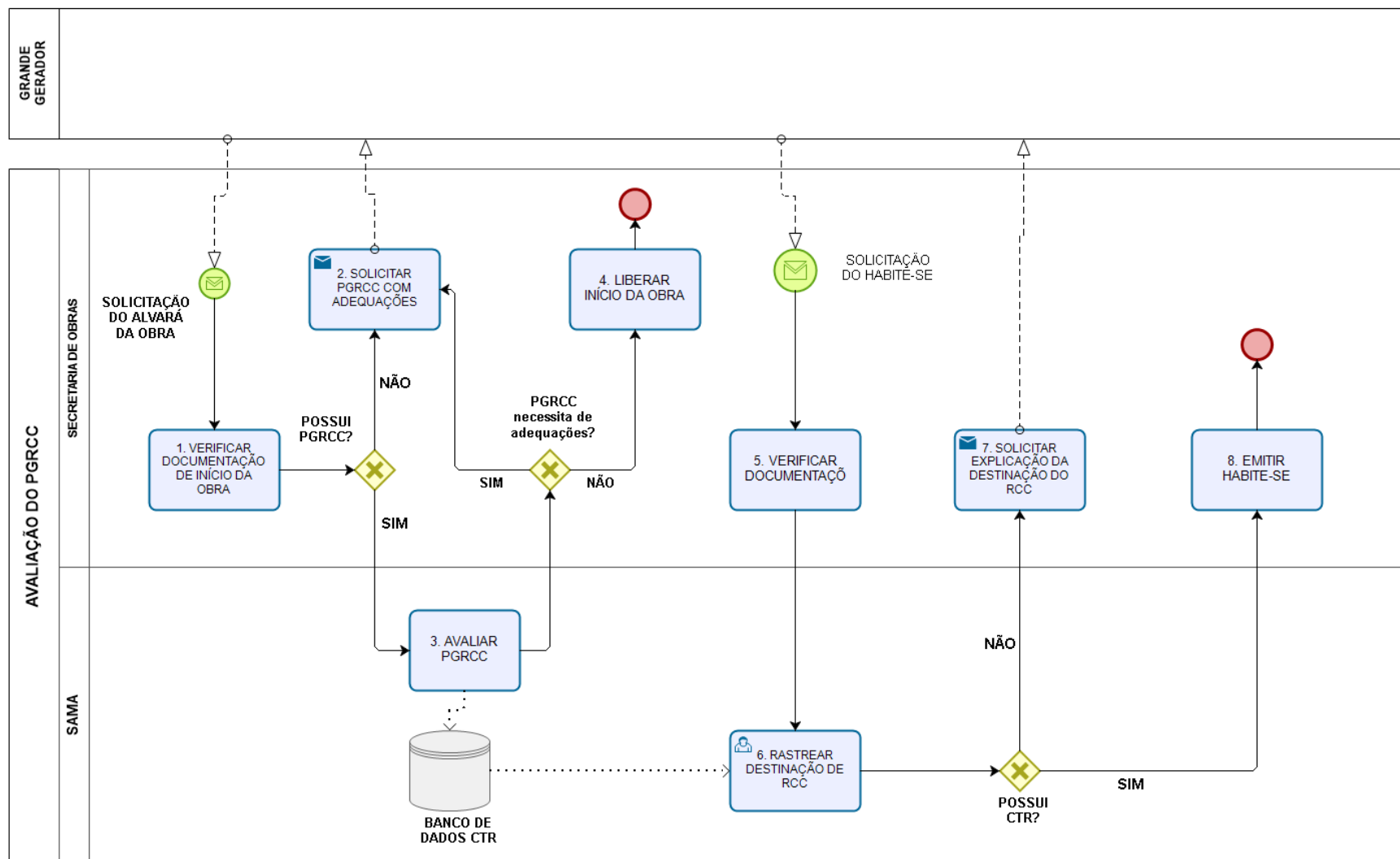
Para despertar a conscientização dos geradores e transportadores de resíduos a Prefeitura deverá promover palestras e reuniões periódicas com associação de engenheiros, empresários do mercado da construção e empresas de coleta, abordando os critérios jurídicos e ambientais que norteiam o manejo dos RCC, enfatizando o papel do setor público e do setor privado neste processo.

8.5.1 Modelagem (To-Be) - Processo 1: Avaliação do PGRCC

Este processo é composto por oito atividades e seu detalhamento é verificado na Figura 50. O processo é iniciado quando o grande gerador (construtor ou proprietário da obra), solicita a liberação do alvará de construção na secretaria de obras, por meio da entrega de documentos (projeto civil, desenhos e certidões), que atestam a viabilidade do empreendimento. Neste momento, é exigido o PGRCC.

Na sequência é verificado se o empreendimento atende adequadamente os critérios de gerenciamento dos RCC. Se o PGRCC estiver adequado, o início da obra é liberado e as informações dos resíduos são armazenadas em um banco de dados de CTR, onde é possível consultar a qualquer momento a estimativa do volume de RCC gerado, as condições de segregação, o responsável pela coleta e o transporte, e ainda o local da destinação e disposição final dos resíduos.

Figura 50: Modelagem (*To-Be*) do processo: Avaliação do PGRCC dos grandes geradores



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Ao solicitar o habite-se na secretaria de obras, após o término da construção, o usuário deverá comprovar que o descarte dos resíduos foi realizado de acordo com o PGRCC. Nesta etapa, além da secretaria de obras verificar os demais documentos necessários para o habite-se, a secretaria de meio ambiente, por meio do banco de dados, realiza o rastreamento dos resíduos gerados na obra, verificando se eles possuem a CTR, comprovando se o transporte e a destinação final foram realizados de forma ambientalmente adequada. Este procedimento visa disciplinar o descarte dos resíduos, pois caso não seja comprovado sua regularidade, o habite-se é negado.

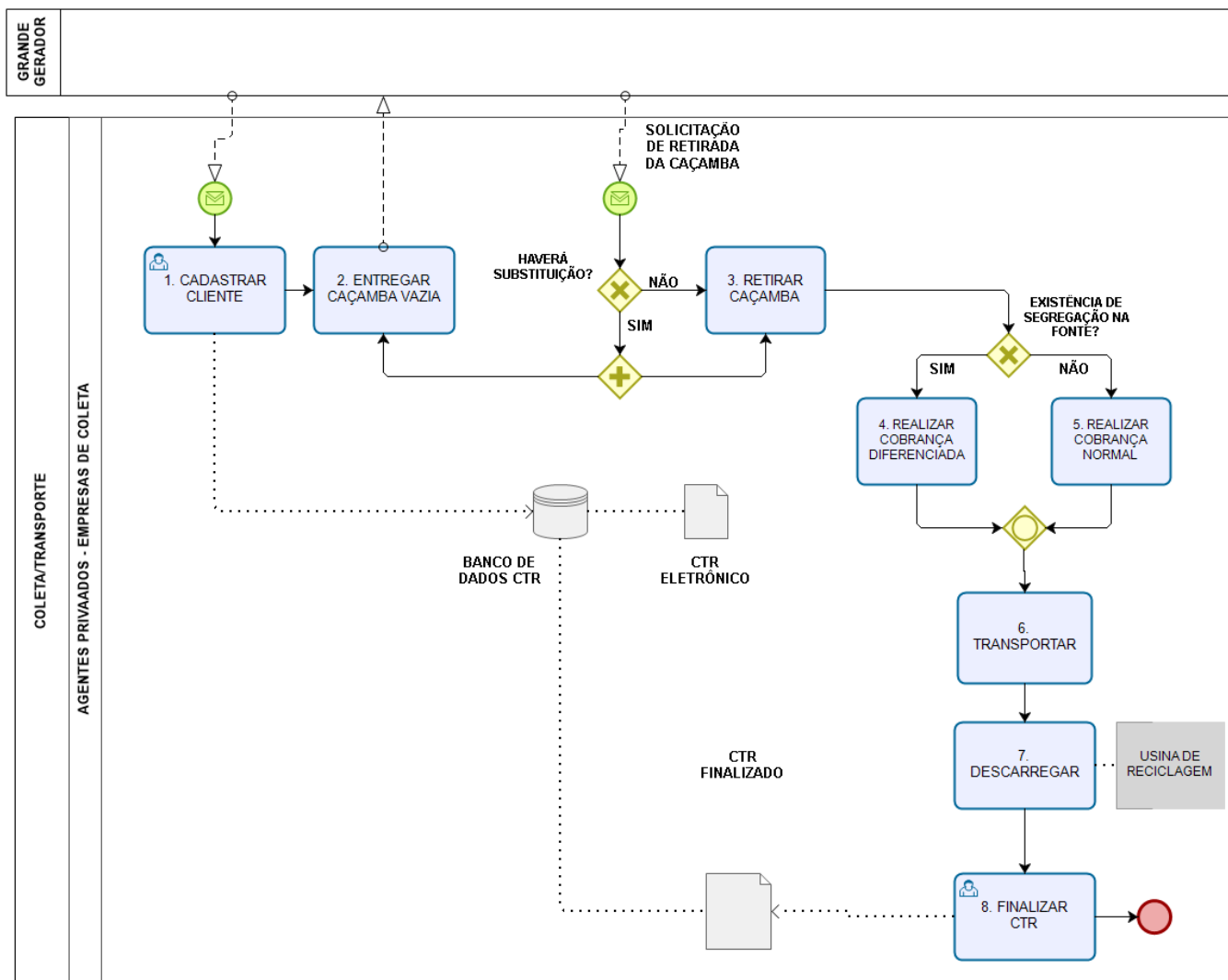
A modelagem nesta etapa não incluiu o pequeno gerador, pois o mesmo não é obrigado a entregar o PGRCC na Prefeitura quando solicita o alvará para início da construção ou reforma, porém, para garantir adequada destinação, a secretaria de obras deverá fornecer ao munícipe o material ilustrativo (*folder*), com as práticas corretas do descarte dos resíduos, orientando o usuário quanto as responsabilidades legais. Ainda como forma de garantir a adequada destinação final dos entulhos, a secretaria de obras deve condicionar a liberação do habite-se a existência e comprovação da CTR.

8.5.2 Modelagem (*To-Be*) – Processo 2: Coleta e transporte pelos agentes privados

A modelagem *To-Be* do processo de coleta e transporte realizados pelas empresas prestadoras deste serviço (agentes privados) é observada na Figura 51. A diferença nesta etapa, em relação a modelagem anterior (*As-Is*), é a inclusão da atividade 1 (cadastrar cliente) pelas empresas que prestam o serviço de coleta, e a cobrança diferenciada (atividade 4), para os clientes que realizam a segregação de resíduos na fonte.

No cadastro são registrados: dados do cliente, endereço da obra, volume da caçamba e a data de entrega no local solicitado. Este cadastro é integrado ao banco de dados de CTR da Prefeitura Municipal sendo gerado neste momento a abertura do CTR eletrônico. Após a retirada da caçamba do local da obra e sua destinação para a usina de reciclagem a empresa transportadora deverá finalizar a etapa de coleta e transporte na CTR eletrônica, a qual será reaberta somente na usina de reciclagem.

Figura 51: Modelagem (*To-Be*) do processo: Coleta e transporte pelos agentes privados



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

banco de dados integrado de CTR para registrar os dados de endereço do ponto de descarte, data e volume transportado. Destaca-se que esta integração de dados é correlacionada com o processo 5 – Fiscalização.

8.5.4 Modelagem (To-Be) – Processo 5: Fiscalização

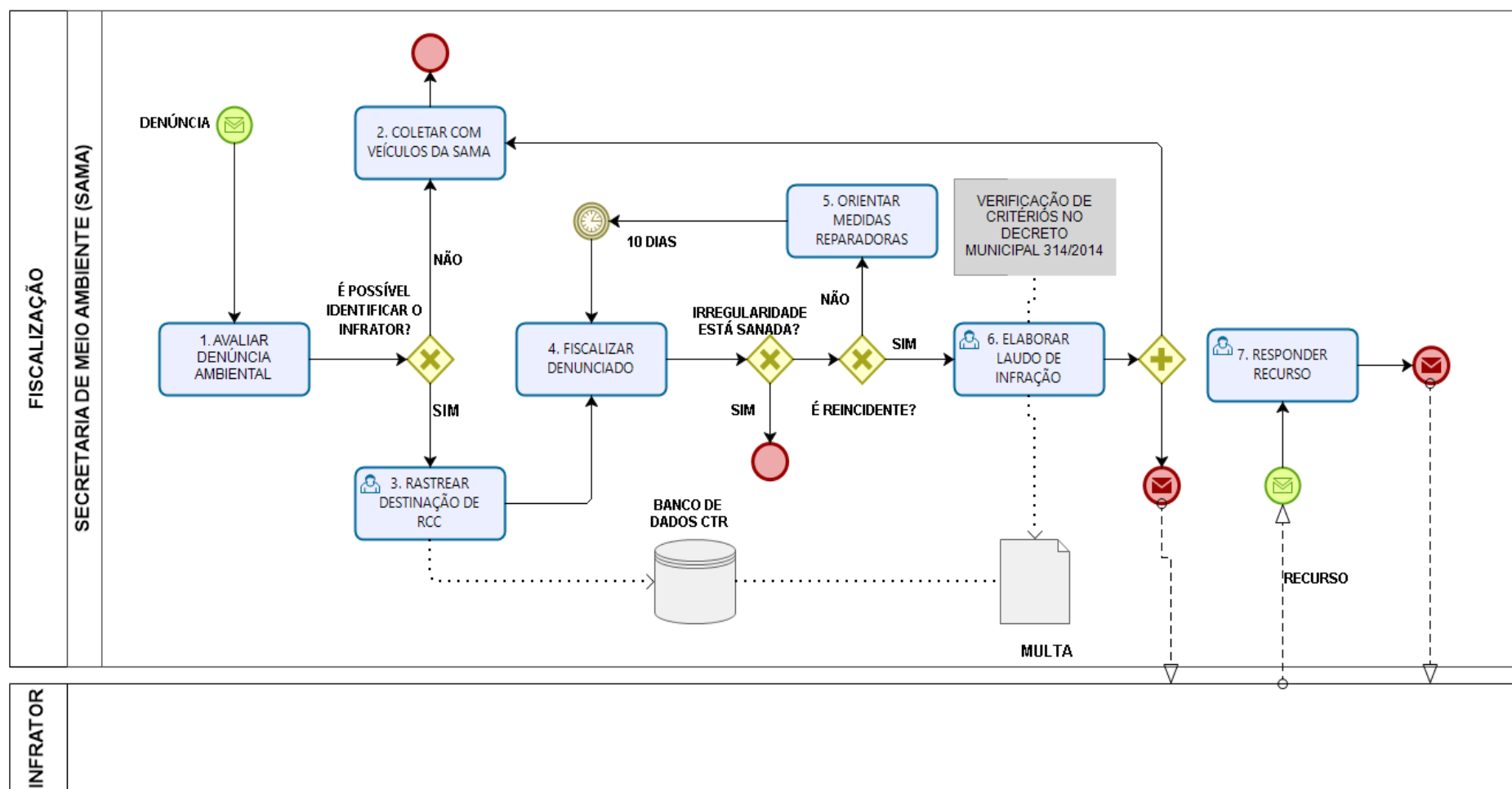
A modelagem *To-Be* do processo de fiscalização (Figura 53), possui sete atividades e contempla o uso do banco de dados integrado de CTR. Com isto, pode-se obter maior eficiência na avaliação e acompanhamento das denúncias ambientais de descarte irregular dos resíduos.

Algumas necessidades identificadas de melhorias do sistema de fiscalização não estão contempladas diretamente na modelagem gráfica, porém, são necessárias para maximizar os resultados do gerenciamento e discutidas a seguir:

- Alocar mais um funcionário na atividade de fiscalização para garantir que esta atividade não fique restrita apenas a denúncias dos munícipes, e além disto, possibilitar que a SAMA avalie no canteiro de obras se o manejo de RCC está sendo realizado conforme projetado no PGRCC.
- A revisão dos valores de cobrança praticados pelo município nas infrações ambientais (multas), é uma estratégia importante para fortalecer o processo de fiscalização.
- Outra deficiência verificada, e que prejudica a fiscalização nos logradouros públicos e nos canteiros de obras, é a ausência da identificação externa das caçambas. Para dirimir esta questão, a prefeitura deverá exigir, por meio de lei municipal, a obrigatoriedade por parte das empresas de coleta, em identificar as caçambas com os dados da empresa (nome e telefone) e capacidade volumétrica.

No caso das denúncias ambientais, a SAMA deve rastrear no banco de dados a existência do PGRCC ou da CTR da obra e então iniciar o processo de fiscalização, que pode resultar em medidas de orientação quanto ao adequado manejo dos resíduos, ou, no caso da reincidência, em medidas punitivas.

Figura 53: Modelagem (*To-Be*) do processo: Fiscalização



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

8.5.5 Modelagem (*To-Be*) – Processo 6: Reciclagem de RCC

A Modelagem *To-Be* do processo de reciclagem de RCC resultou em 22 atividades (Figura 54). Dentre as principais deficiências observadas durante a coleta dos dados para melhoria deste processo estavam na ausência do sistema integrado de gestão, a dificuldade em aumentar o volume processado e a necessidade de melhoria da qualidade final do RCC reciclado.

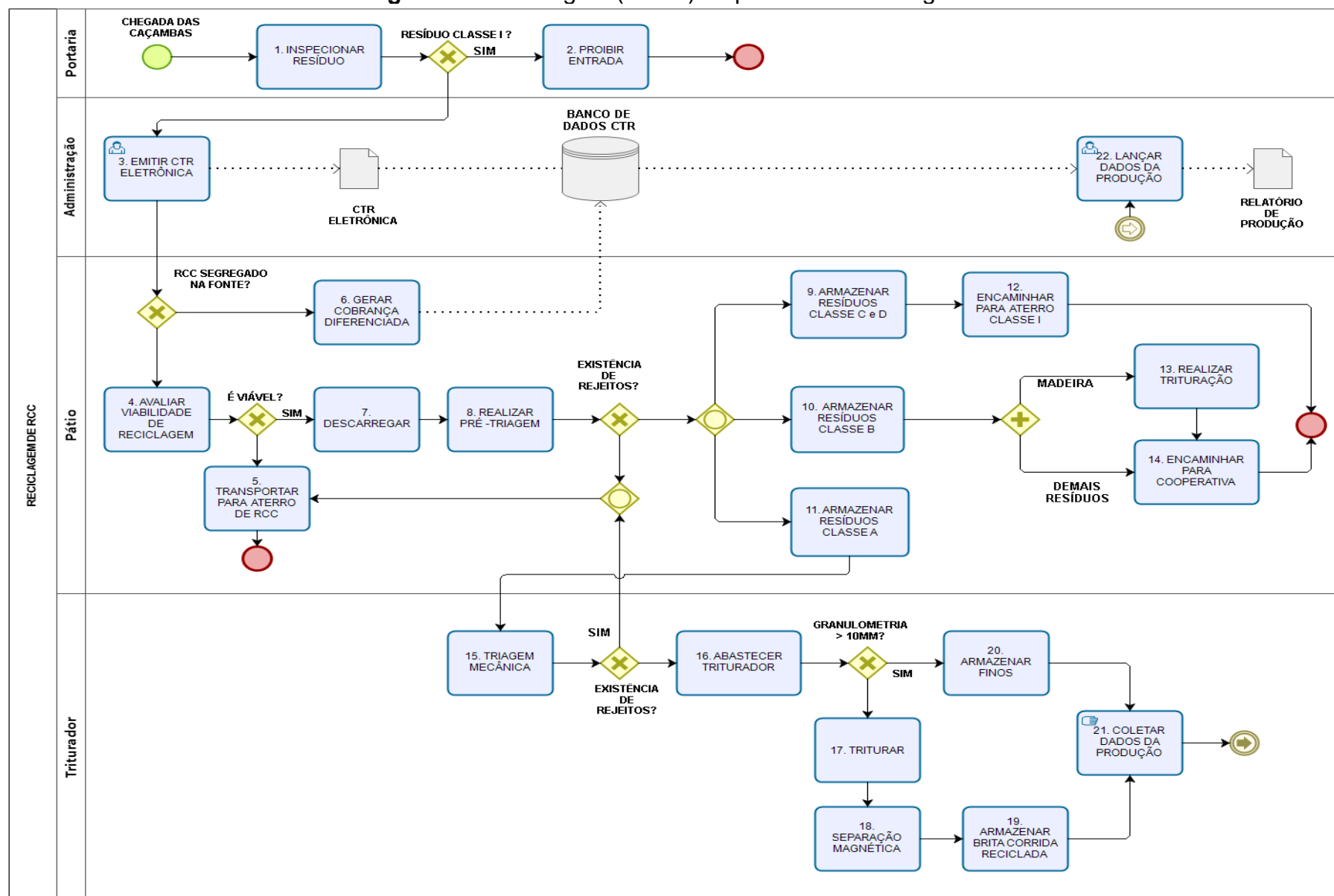
A inclusão de um sistema eletrônico de gestão permite que os dados gerados no setor sejam integrados ao banco de dados. Com isto, pode-se emitir a CTR eletrônica (Atividade 3), a qual é uma sequência da CTR aberta pelas empresas transportadoras durante a etapa de coleta, demonstrado no Processo 2 (seção 8.5.2). Desta forma, tem-se o rastreamento do fluxo dos RCC desde a geração até a destinação final. Destaca-se que estas atividades são desenvolvidas no setor de administração da Usina de reciclagem, o qual foi incluído na modelagem (*To-Be*).

Com objetivo de aumentar o volume de resíduos processados e reciclados foi incluída a Atividade 6, que contempla a cobrança diferenciada para os veículos que transportam e destinam de forma segregada os resíduos de acordo com a classificação observada na Resolução CONAMA nº 307/2002. Desta forma, o tempo de triagem é reduzido, aumentando a produtividade geral.

Ainda com foco no aumento de produtividade, na Atividade 15, tem-se a triagem mecânica dos resíduos Classe A. Por meio desta atividade, as impurezas como pequenos restos de madeira, plástico e papel, que não foram retirados durante a fase de pré-triagem, são retirados do processo, assegurando que apenas os resíduos de maior granulometria sejam processados pelo britador.

A triagem mecânica, citada na Atividade 15, contribuirá também para melhora na qualidade final do RCC reciclado e além deste item, incluiu-se a separação magnética (Atividade 18), que trata da instalação de um ímã de potência maior em relação ao equipamento utilizado atualmente. Este equipamento é acoplado na esteira transportadora da bica corrida reciclada e realiza o trabalho de retirada de impurezas como pregos e pequenos metais que prejudicam a qualidade final das estradas regularizadas com RCC reciclado.

Figura 54: Modelagem (*To-Be*) do processo: Reciclagem de RCC



Para classificação do material reciclado em faixas de granulometria é necessário o investimento em uma peneira que pode ser acoplada após a trituração dos resíduos. Porém, o volume reduzido de resíduos de concreto processado no local não viabiliza este investimento, uma vez que a prefeitura já reutiliza todo produto reciclado (sem classificação granulométrica) nas estradas rurais.

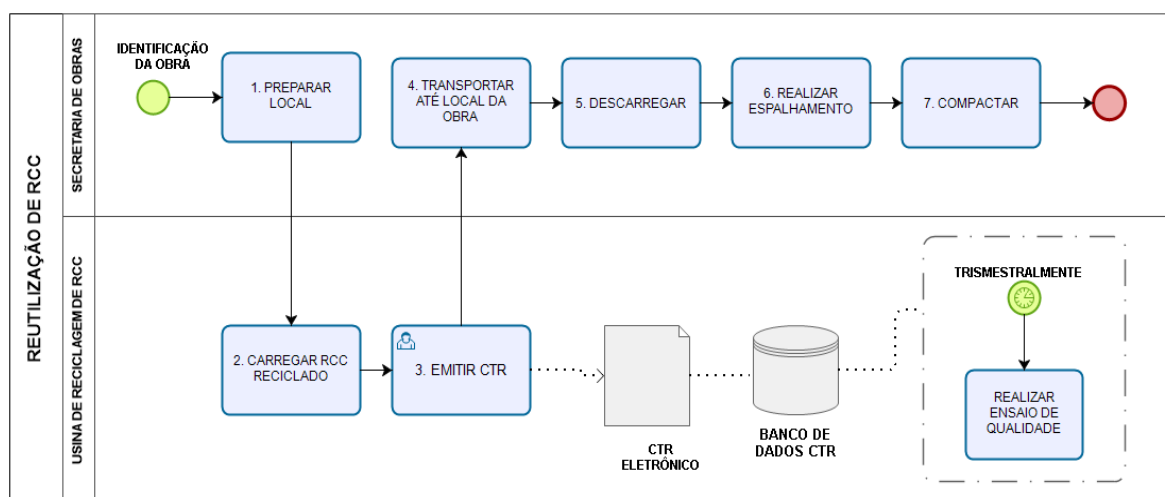
Além destas modificações, o treinamento dos funcionários que desempenham a função de triagem e operação dos equipamentos contribuirá com a melhoria da qualidade.

Quanto aos resíduos de madeira, sua valorização pode ser obtida por meio do investimento em um equipamento triturador (Atividade 13). Neste equipamento os restos de madeira e poda de árvores podem ser triturados e comercializados na forma de biomassa pela cooperativa de reciclagem. Na etapa final, os dados da produção são coletados (Atividade 21) e lançados no banco de dados de CTR (Atividade 22), sendo possível gerar o relatório de produção e as guias de cobrança para as empresas transportadoras.

8.5.6 Processo 7: Reutilização do RCC Reciclado

Nesta modelagem (Figura 55), foi incluído a emissão da CTR eletrônica, que registra o veículo transportador, o volume e o local de aplicação do produto, permitindo completar o fluxo de rastreamento dos resíduos até a destinação final.

Figura 55: Modelagem (*To-Be*) do processo: reutilização do RCC reciclado



Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Para assegurar a melhoria do produto reutilizado nas obras foi incluído na modelagem a realização dos ensaios de qualidade, buscando adequação do agregado reciclado às normas ABNT NBR 15.115:2004 e ABNT NBR 15.116:2004, que definem critérios para o emprego dos agregados reciclados na regularização de estradas e na produção de concreto não estrutural.

8.6 Etapa 5.A – Avaliação e Validadação da Modelagem *To-Be*

Após a finalização da modelagem *To-Be* os diagramas foram apresentados aos respectivos coordenadores e responsáveis de cada processo de gerenciamento para validação do modelo. Esta fase da pesquisa ocorreu no mês de fevereiro de 2020 sendo possível modificar e incluir ações que resultaram na melhoria do processo de gerenciamento. Finalizada a validação, a modelagem *To-Be* foi novamente apresentada aos coordenadores e responsáveis pelos respectivos processos.

8.7 Síntese do desenvolvimento do estudo de caso

O estudo de caso único foi alicerçado na validade do constructo e na confiabilidade, o que assegura, de acordo com Pradanov e Freitas (2013) e Yin (2005), a garantia da fidedignidade e validade dos dados coletados. Verifica-se a validade do constructo pelos seguintes fatores:

- emprego de fontes múltiplas de evidência em função da coleta dos dados por meio de três fontes: entrevistas com os responsáveis pelos processo, observação direta nos setores onde as atividades são executadas e análise de documentos (relatórios da SAMA, da Usina de reciclagem, leis e decretos municipais);
- Encadeamento das evidências: o desenvolvimento do *framework*, do mapeamento e da modelagem estão conectados no macrogerenciamento municipal dos RCC e validados pelas fontes múltiplas de coleta dos dados;
- Revisão do relatório final pelos informantes chave: esta estratégia está inserida na fase de validação da modelagem especificamente na Etapa 5 do *framework*.

A confiabilidade é observada pelo emprego de protocolo do estudo de caso

(Apêndice A) e no desenvolvimento do banco de dados para o estudo de caso, que possibilitou o registro das informações durante a modelagem (*As-Is*) e na seção de elaboração do panorama estadual do gerenciamento de RCC. Os principais dados do *framework* e das respectivas modelagens são sintetizados na Tabela 11.

Tabela 11: Síntese da execução do *framework* no estudo de caso

PRINCIPAIS ELEMENTOS		
Etapas do <i>framework</i>	5	
Subetapas	12	
Participantes da execução	6	
MODELAGEM		
	(<i>As-Is</i>)	(<i>To-Be</i>)
Processos	7	8
Atividades	63	82
Eventos	33	37
<i>Gateways</i>	21	30
Objeto de dados	4	7
Armazenagem de dados	-	6
Objeto de texto	8	6
Processos públicos	3	3
<i>Lanes</i>	15	21
Tempo de elaboração	3 meses	4 meses

Fonte: Elaborado pelo autor, 2020.

Na sequência, com a colaboração dos demais membros da equipe de modelagem, o *framework* foi avaliado levando em consideração os seguintes atributos: aspectos positivos e negativos de seu desenvolvimento, o nível de dificuldade de sua execução e sua aplicabilidade prática.

Aspectos positivos:

- a) Participação dos servidores da prefeitura e demais atores que possuem funções de manejo dos resíduos;
- b) O aprendizado e o conhecimento explícito por meio da documentação dos regulamentos (leis e decretos) que norteiam o sistema de gerenciamento. Neste aspecto, os participantes da pesquisa demonstraram realizar suas atividades e tarefas pautados unicamente pelas ordens recebidas da hierarquia superior. Após a elaboração do *framework*, é possível entender

de maneira clara o papel legal de cada agente executor, identificando seus direitos e deveres;

- c) O conteúdo da estrutura abrange todos os aspectos de manejo e seu entendimento propicia a visão integrada do sistema, o que auxiliará os gestores de cada processo no planejamento e na implementação de melhorias;
- d) Os agentes externos (empresas e geradores de resíduos) e os agentes internos (prefeitura), podem conhecer melhor seu papel no gerenciamento;
- e) O aspecto gráfico torna a estrutura didática;
- f) Facilidade de utilização dos instrumentos de coleta dos dados, com destaque para o formulário destinado a avaliar se as ações desenvolvidas atualmente no município estão em consonância com a Resolução CONAMA nº 307/2002.

Aspectos negativos

- a) Ausência de mensuração dos recursos financeiros para implantação das ações de melhorias sugeridas na modelagem (*To-Be*);
- b) Inexistência de garantias do engajamento dos agentes externos (empresas de coleta e geradores de resíduos), o que pode inviabilizar a implantação total do *framework*;
- c) Necessidade da inclusão de etapa prévia direcionada ao treinamento dos participantes com abordagem de conceitos: gestão por processos, notação de modelagem e aspectos legais;
- d) O processo de “Fiscalização” deveria contemplar um *lane* específico para avaliação *in loco* das obras licenciadas na Prefeitura. Na atual modelagem este processo é disparado somente pela denúncia dos munícipes.

Nível de dificuldade da execução

O nível de dificuldade para execução dos processos: coleta e transporte pelos agentes privados, coleta e transporte pelos agentes públicos, coleta e transporte dos ecopontos, reutilização do RCC e disposição final foi considerado baixo. Os entrevistados não apresentaram muitas dificuldades em identificar as atividades, os inputs/outputs e os fluxos de mensagem em cada processo.

Em contrapartida, nos processos: avaliação do PGRCC, fiscalização e reciclagem de RCC, o esforço necessário foi relativamente superior, com várias reuniões de discussão, sendo necessário seu refinamento e validação por várias vezes, dado o grande número de atividades e a maior presença de comunicação com agentes externos, o que resultou nos modelos com expressiva quantidade de elementos da notação BPMN. Neste contexto, destaca-se o processo “avaliação do PGRCC”, pois ele não existia na modelagem (*As-Is*) e precisou ser totalmente modelado.

A equipe de modelagem possui experiência em gestão e liderança, além de conhecimento satisfatório sobre o papel da SAMA frente o gerenciamento de resíduos sólidos, o que favoreceu o desenvolvimento do estudo de caso.

Contudo, os demais entrevistados nos processos de coleta/transporte e disposição final, possuem nível de escolaridade baixo, sem experiência em gestão e liderança, inexistindo a visão de dependência e conexão com os demais processos, gerando grau de dificuldade superior, porém, este obstáculo foi superado pelo emprego das fontes múltiplas de evidência na coleta dos dados (observação direta e análise de documentos).

Avaliação da aplicabilidade prática do *framework*

Os participantes conseguiram compreender bem o *framework*, havendo entendimento dos objetivos do estudo de caso e consequentemente da sua arquitetura de modelagem. A Prefeitura possui recursos humanos, máquinas, equipamentos e instalações que possibilitam a aplicação prática da modelagem de processos. O estudo de caso gerou o plano de implantação de novas ações, as quais são apresentadas a seguir:

- Desenvolvimento do sistema de gerenciamento integrado e emprego da CTR eletrônica. É consenso na SAMA que a dificuldade nesta ação é o comprometimento e a resistência das empresas de coleta (caçambeiros) em aderir ao sistema, o que demandará ações políticas e adequação dos instrumentos legais, impondo de maneira coercitiva a adesão destas empresas.
- Avaliação pela prefeitura dos PGRCC previamente ao início da obra. Esta ação é orientada aos grandes geradores, o qual se faz necessária principalmente em função da ampliação de uma indústria de celulose que

está ocorrendo no município com previsão para término no ano 2022. Diversas obras estão em andamento derivadas deste empreendimento sendo que a submissão dos PGRCC à prefeitura já está ocorrendo.

- Aumento da rigidez na aplicação do Decreto municipal nº 314/2014, que chancela o município na aplicação de multas aos agentes que incorrem em infrações ambientais.

Um dos participantes sugeriu que o *framework* e a modelagem de processos deverão ser incluídos na próxima revisão do PMGIRSU, considerando os valores de investimento e o custeio necessários para o planejamento de médio e longo prazo.

A preocupação recorrente entre os dirigentes da SAMA é a complexidade da construção gráfica da modelagem, que exige conhecimento adequado da notação BPMN, mas principalmente habilidade para utilização do *software bizagi modeler*. Diante desta complexidade, eles entendem que é necessário incluir uma etapa no *framework* dedicada a escolha ou treinamento de um profissional para habilitá-lo a executar a modelagem no *software*.

Especificamente na modelagem de processos, os resultados alcançados estão em consonância com os benefícios apontados por Baldam (2009), Pradella e Wendt (2011), Baldam, Valle e Rozenfeld (2014) no emprego desta técnica:

- a) **compreensão do funcionamento da organização:** o município passou a contar com um instrumento claro (diagrama do macroprocesso de gerenciamento), que permite a visualização integrada dos processos e atividades de manejo dos RCC pelo poder público (agente interno) e pelas empresas prestadoras de serviços de coleta (agentes externos).
- b) **conversão do conhecimento tácito para explícito:** O mapeamento das atividades e a documentação das práticas e experiências observadas em cada etapa do ciclo de gerenciamento tornaram-se explícitas por meio da modelagem que resultou em oito diagramas individuais específicos, aprimorando o entendimento dos agentes que já executam os processos, mas acima de tudo, possibilitando que novos agentes que entram no sistema tenham a curva de aprendizado mais acelerada.

- c) **otimização do fluxo de informações:** a inserção na modelagem (*To-Be*) do sistema de gerenciamento integrando as empresas de coleta e os departamentos da prefeitura (fiscalização, reciclagem, disposição final), e o banco de dados de CTR, colaboram de maneira eficaz para a otimização do fluxo de informações.
- d) **subsídios para a reestruturação da organização:** Na etapa 4.D do *framework* foram identificadas as deficiências e as melhorias propostas, que resultaram no Quadro 19, que forneceu os subsídios para reestruturação do sistema de gerenciamento do RCC.
- e) **documentação, entendimento, aprendizado e melhoria dos processos:** As atividades, os respectivos executores e os fluxos de mensagens observados, desde a geração até a disposição final, proporcionaram o entendimento e o aprendizado da sequência do fluxo de resíduos, o que permitiu aprimorar o sistema de gerenciamento de RCC, adequando-se a Resolução CONAMA nº 307/2002, otimizando os recursos públicos, a melhora nos serviços prestados aos munícipes e reduzindo os impactos ambientais causados pelos resíduos gerados na atividade da construção civil.

O estudo de caso no município de Lençóis Paulista corrobora uma questão típica verificada nas instituições públicas: a ausência da visão integrada dos processos, devido a presença da estrutura funcional vertical, onde o planejamento e as decisões seguem a sequência lógica da hierarquia da organização, focadas diretamente nos departamentos. A implementação da gestão por processos com foco na modelagem pode melhorar substancialmente este cenário.

Verifica-se por meio do estudo que o poder público continua como agente indutor do manejo dos resíduos, sendo responsável pela gestão e diretamente pelo gerenciamento de RCC, pois está presente em sete dos oito processos modelados. Os agentes privados ainda demonstram dificuldades em aceitar sua parcela de responsabilidade perante o gerenciamento dos resíduos.

Encerrando a análise, observa-se que os fatores político e financeiro são decisivos para implementação de todas as ações recomendadas na modelagem (*To-*

Be), porém, várias ações são passíveis de aplicação imediata. Desta forma, verifica-se que o *framework* tem aplicação prática, e sua execução resulta na melhora da produtividade, no aumento do índice de reciclagem e na melhora dos aspectos de qualidade do produto reciclado. Como resultado, tem-se a maximização do emprego dos recursos públicos financeiros, a adequação aos aspectos legais e principalmente a redução dos impactos ambientais.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo são apresentadas as considerações finais com os resultados e contribuições alcançados frente aos objetivos propostos por esta tese. Adicionalmente, são discutidas as limitações e sugestões de estudos futuros correlatos ao tema desenvolvido.

O objetivo principal desta tese foi o desenvolvimento de um *framework* específico para modelagem de processos do gerenciamento municipal dos RCC, por meio de um estudo de caso, identificando os fluxos dos resíduos, desde sua geração até a disposição final. Para isto, o estudo foi dividido em quatro objetivos específicos, os quais seus principais resultados são sintetizados na sequência.

Na **análise bibliométrica (Objetivo Específico 1)**, a pesquisa resultou na seleção de 135 artigos com destaque para a China e o Brasil, que figuram nas duas primeiras posições quanto ao *ranking* de publicações. O método de pesquisa predominante é o Estudo de Caso e o foco dos estudos na cadeia produtiva da construção civil é centrado no gerador de resíduos. Estes estudos buscaram analisar, testar, desenvolver e discutir métodos de construção e demolição, verificando aspectos técnicos, ambientais e principalmente a quantificação de resíduos nos canteiros de obra. Verificou-se um número reduzido de artigos (17% do total), com foco no estudo integrado de todas as fases da cadeia produtiva da construção civil.

Em relação ao **panorama do gerenciamento de RCC no Estado de São Paulo (Objetivo Específico 2)**, o estudo identificou que os dados disponíveis sobre o manejo dos resíduos sólidos são caracterizadas pela inconsistência e defasagem, o que dificulta o planejamento de novas ações de manejo.

Os resultados do panorama indicaram que o serviço de coleta e transporte é executado por três agentes distintos: empresas de coleta (caçambeiros), pela prefeitura municipal e diretamente pelos geradores de resíduos que coletaram 5,4 milhões de toneladas de RCC, resultando no valor per capita de 158 kg/hab./ano.

Quanto a destinação e disposição final dos resíduos verifica-se a inconsistência entre os dados do SNIS e demais fontes de dados como a SMA e ABRECON. De acordo com os dados do SNIS (2018), foi diagnosticado a existência de 23 usinas de reciclagem, valor bem distante aos verificados em outras fontes: 180 unidades de acordo com dados da ABRECON (2018) e 75 unidades licenciadas de acordo com a

SMA (2019). A disposição de resíduos ocorre em 29 áreas licenciadas como aterro de RCC (SNIS, 2018), contra 57 unidades segundo dados da SMA (2019).

Destaca-se a dependência em relação ao poder público para executar as ações de manejo, pois em 25% dos municípios do estado de São Paulo, a coleta dos RCC é executada exclusivamente pela prefeitura municipal.

O **framework específico (Objetivo específico 3)**, foi construído com base em um modelo genérico de modelagem, com suas principais etapas sendo identificadas por meio da revisão de literatura. Como resultado, tem-se a estrutura formada por 5 etapas e 12 subetapas. A estrutura foi proposta buscando adequação total a Resolução CONAMA nº 307/2002 e aos demais instrumentos e normas que disciplinam o manejo dos RCC. O escopo do ciclo de modelagem contempla 6 processos: geração de resíduos, coleta/transporte, fiscalização, reciclagem, reutilização e disposição final.

Os atributos legais, instrumentos jurídicos e as normas ambientais são fundamentais para implementação de uma política adequada do gerenciamento municipal de resíduos. Diante deste contexto, o gestor público deve previamente ao início da aplicação do *framework* e desenvolvimento da modelagem, instituir o PMGIRS, o PMGRCC, a PMMA e obter as licenças ambientais nos órgãos estaduais.

Os atributos funcionalidade e aplicabilidade estão presentes na estrutura do *framework* pois contempla as seguintes premissas: Possui o conjunto de pilares teóricos simplificados, é auto-explicativo e de fácil de entendimento, contempla vínculos claros entre seus elementos (etapas, ferramentas e agentes executores), possui critérios legais e regulatórios. Além destes atributos, é geral o suficiente para atender diferentes contextos, pois apesar de ser criado para atender a demanda de pequenos municípios, pode ser aplicado aos municípios de médio e grande porte representando um roteiro e uma ferramenta de planejamento que habilita sua implementação, o que é justificado no desenvolvimento do estudo de caso.

Em função das premissas observadas e da presença dos atributos funcionalidade e aplicabilidade, conclui-se que o *framework* específico desenvolvido nesta tese é uma ferramenta que reúne critérios suficientes para auxiliar os gestores públicos engajados no manejo de resíduos e que tenham por objetivo implantar ou melhorar o gerenciamento de RCC nos municípios, por meio da modelagem de processos, que resultará em ganho de produtividade, melhora nos aspectos de

limpeza urbana e preservação dos recursos naturais.

O **estudo de caso da aplicação do *framework* (Objetivo específico 4)**, avaliou a adequação do seu emprego, considerando os aspectos positivos e negativos, seu nível de dificuldade de execução e sua aplicabilidade sendo verificados os seguintes resultados:

- a) Os **aspectos positivos** centram-se na participação dos servidores da prefeitura e dos demais atores que possuem funções de manejo dos resíduos, no entendimento claro do papel legal de cada agente executor, identificando seus direitos e deveres, bem como o papel das agentes internos e externos. Ainda quanto aos aspectos positivos tem-se a visão integrada do sistema que auxilia o processo de planejamento, o aspecto gráfico e a facilidade de aplicação dos instrumentos de coleta dos dados.
- b) Quanto aos **aspectos negativos**, tem-se a ausência da mensuração dos recursos financeiros para implantação das melhorias necessárias (modelagem To-Be) e a garantia do engajamento dos agentes externos. Finalizando, tem-se a necessidade de inclusão de etapa prévia orientada ao treinamento dos participantes quanto aos instrumentos legais e a modelagem BPMN.
- c) Os processos que apresentaram maior **nível de dificuldade de execução** foram: avaliação do PGRCC, Fiscalização e Reciclagem de RCC. A dificuldade observada frente ao levantamento de dados com os entrevistados de menor grau de instrução foi compensada pelo emprego das fontes múltiplas de evidência (observação direta e análise de documentos).
- d) Na avaliação da **aplicabilidade prática** os participantes conseguiram compreender bem a arquitetura e os objetivos do *framework*. O estudo de caso de sua aplicação gerou a implantação de novas ações: o desenvolvimento do SGA, a implantação do processo de avaliação do PGRCC e o aumento na rigidez da aplicação do Decreto municipal nº 314/2014.

Na modelagem (*As-Is*) foram construídos 7 processos contemplando 63 atividades. Os resultados alcançados com esta construção estão em consonância com os benefícios do emprego da modelagem de processos:

- compreensão do funcionamento da organização: visualização integrada dos processos e atividades de manejo dos RCC;
- conversão do conhecimento tácito para explícito: o ciclo de gerenciamento tornou-se explícito por meio dos diagramas individuais específicos de processos;
- otimização do fluxo de informações: por meio da inserção do SGA na modelagem (*To-Be*);
- subsídios para a reestruturação da organização: por meio da identificação das deficiências e das melhorias propostas;
- documentação, entendimento, aprendizado e melhoria dos processos: o entendimento da sequência do fluxo de resíduos permitiu aprimorar o sistema de gerenciamento de RCC, adequando-se aos instrumentos legais norteadores.

Na modelagem (*To-Be*) foram identificadas 22 deficiências e 34 propostas de melhorias. As maiores dificuldades observadas estão no processo de reciclagem, notadamente quanto a qualidade do material reciclado e o incentivo a sua reutilização pelo setor privado. Para sanar estas deficiências empregando as propostas de melhorias foram construídos 8 modelos com 82 atividades.

Como destaque das principais propostas de melhorias estão a apresentação do PGRCC pelo construtor ao poder público municipal, previamente a obtenção do alvará de construção. Com isto, busca-se garantir o maior volume de RCC destinado a recuperação e reciclagem.

Como incentivo a segregação dos resíduos na fonte geradora pode-se adotar a cobrança diferenciada para recebimento dos RCC na usina de reciclagem, praticando o preço inferior para as empresas que transportam os resíduos acondicionados separadamente de acordo com as classes estabelecidas na Resolução CONAMA nº 307/2002. Com esta proposta, pode-se aumentar a eficiência da recuperação e reciclagem dos RCC Classe A e Classe B, além de reduzir a possibilidade da disposição final dos resíduos Classe C e Classe D de maneira

inadequada.

As ações que visam o fortalecimento do sistema de fiscalização, concomitante a revisão do valor das multas praticadas contra atos de infração ambiental no manejo dos resíduos sólidos, devem ser considerados como estratégias para aprimoramento geral do sistema de gerenciamento.

Verificou-se por meio do estudo que o poder público municipal continua como agente indutor e executor do manejo dos resíduos, pois está presente em sete dos oito processos modelados, além da dificuldade do setor privado em entender e aceitar sua parcela de responsabilidade perante ao gerenciamento dos resíduos.

Para mudar este cenário é necessário investir nas propostas de ações de educação ambiental abrangendo além dos geradores e transportadores de resíduos, os profissionais e empresários que atuam no mercado da construção civil, a exemplo de engenheiros, construtores e empresas que comercializam materiais empregados neste segmento, institucionalizando o tema gerenciamento de RCC.

A completa implementação das melhorias necessárias identificadas na modelagem (*To-Be*) depende da combinação plena do arranjo institucional aliado aos instrumentos legais e aos mecanismos financeiros, porém, o *framework* tem aplicação prática e sua execução resultará no incremento da produtividade, no aumento do índice de reciclagem, na melhora dos aspectos da qualidade do produto reciclado, maximizando o emprego dos recursos públicos financeiros e reduzindo os impactos ambientais.

9.1 Contribuições teóricas e práticas

A contribuição desta tese é verificada no emprego de ferramentas da gestão por processos, (mapeamento e a modelagem), comuns nas empresas e outros negócios da iniciativa privada, aplicados neste contexto, na esfera pública, visando aprimorar o gerenciamento municipal de RCC.

Destaca-se que na busca bibliográfica não foram encontrados trabalhos que abordaram a modelagem de processos integrada ao gerenciamento municipal de RCC, existindo apenas alguns estudos com soluções de modelagem aplicadas a outras classes de resíduos, a exemplo dos trabalhos de Berzi et al. (2013) desenvolvido em centros de reciclagem de veículos, Severoa (2011) com foco nos resíduos da indústria

mecânica e Lima, Lobato e Leal (2011) na seleção de resíduos em cooperativas. O estudo mais próximo desta tese foi desenvolvido por Ming Lu, Poon e Wong (2006), com foco na segregação de resíduos nos canteiros de obra.

Diante deste contexto, esta tese identificou por meio da revisão de literatura as principais etapas que constituem os trabalhos de modelagem, resultando no modelo genérico, que posteriormente, com a observação dos aspectos legais e das normas ambientais correlacionadas ao manejo de RCC, permitiu a construção do *framework* específico, preenchendo a lacuna da aplicação da modelagem no campo do gerenciamento municipal dos RCC, resultando no instrumento de orientação para as cidades que desejam aprimorar seu sistema de manejo.

9.2 Limitações da pesquisa

Como limitação da pesquisa pode-se citar a metodologia de estudo de caso único, que apesar de ter permitido a identificação e o levantamento aprofundado de vários pontos de dados, foi restrita a um município com pouco mais de 68 mil habitantes, sendo recomendado sua aplicação em outras cidades de porte populacional diversificado, a fim de verificar as dificuldades e outras demandas que podem surgir na fase de modelagem dos processos.

Outro fator limitante da pesquisa foi verificado na fase de coleta dos dados. A base de dados contemplou um amplo registro quantitativo do volume de RCC transportados pelos agentes privados de coleta, porém, não foram encontrados registros específicos do volume transportado pelos agentes públicos, provenientes das obras públicas e da coleta nos pontos de destinação irregular. Informações obtidas durante a coleta dos dados indicaram que este volume representa aproximadamente 10% do volume total processado no sistema, porém, trata-se de estimativas sem análise concreta dos dados.

A construção da modelagem dos diversos processos no estudo de caso foi facilitada pela experiência da equipe de modelagem, formada por servidores da unidade do estudo de caso (prefeitura municipal), principalmente o autor da tese, que possui experiência de 16 anos na área de gerenciamento de resíduos que neste caso, representou um aspecto positivo. Porém, a aplicação da modelagem em outras unidades de estudo que não possuem o mesmo corpo de servidores com esta

experiência pode-se tornar um fator limitante ao desenvolvimento do *framework*.

9.3 Sugestões para pesquisas futuras

Aplicar o tema desenvolvido nesta tese em outras localidades (municípios de pequeno, médio e grande porte), comparando as diferenças, semelhanças e dificuldades que possam surgir durante a utilização do *framework*.

Sugere-se estudos que identifiquem os investimentos necessários e os custos de operação para implementar um sistema adequado de gerenciamento de RCC. O levantamento destas variáveis é decisivo para tomada de decisão dos gestores na implementação do desenvolvimento de políticas públicas orientadas ao manejo de resíduos.

Ainda no campo dos custos, tem-se a possibilidade da aplicação da modelagem de processos por meio do Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV). Estudos envolvendo este tema poderão resultar no aprimoramento do manejo dos resíduos, pois pode-se identificar os fluxos quantitativos dos RCC ao longo dos processos, identificando atividades que podem ser melhoradas ou eliminadas, aumentando a produtividade e ao mesmo tempo reduzindo os custos do sistema.

Outra contribuição pode ser obtida por meio do emprego da arquitetura PCF (*Process Classification Framework*), que permitirá a decomposição dos processos de manejo de RCC, classificando-os em primários, de suporte e de gerenciamento, com base no *benchmarking* de processos aplicados em outras organizações do setor público.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABPMP Brazil, Associação de Profissionais de Gerenciamento de Processos de Negócio. BPM CBOK – Guia para o Gerenciamento de Processos de Negócio - 3ª ed. – Versão 3.0: Corpo Comum de Conhecimento ABPMP BPM CBOK, 2013.

ABREU, J. N. DE A. **Bases para a gestão de resíduos da construção civil no município de Belo Horizonte**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212010000300002&lng=pt&tlng=pt. Acesso em 20 out. 2018.

AGUIAR, W. S.; DAMASCENO, M.; MELO, F. AVALIAÇÃO DE SOFTWARES LIVRES DE BPMN PARA MAPEAMENTO DE PROCESSOS. **XII Congresso Nacional de Excelência em Gestão**, p. 15, 2016. Disponível em http://www.inovarse.org/sites/default/files/T16_318.pdf. Acesso em 02 mar. 2020.

AKHTAR, Ali; SARMAH, Ajit K. Novel biochar-concrete composites: Manufacturing, characterization and evaluation of the mechanical properties. **Science of The Total Environment**, v. 616–617, p. 408–416, 2018. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969717330371>>. Acesso em: 9 mar. 2019.

ALMEIDA NETO, Mário de Araújo. Técnicas de Modelagem: uma abordagem prática. In: VALLE, Rogério; OLIVEIRA, Saulo Barbará de (Org.). **Análise e Modelagem de Processos de Negócio: Foco na Notação BPMN (Business Process Modeling Notation)**. São Paulo: Atlas, 2009. p. 52-76.

AMARILLA, Rosemara Santos Deniz. **Identificação e análise dos processos de negócio de empresas de pequeno porte do setor da construção civil**. 2013. 159 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013. Disponível em <http://repositorio.utfpr.edu.br:8080/jspui/handle/1/586>. Acesso em 20 out. 2018.

AMORIM, Aline Pinto; ALBUQUERQUE, Beatriz Mello De; GAUTÉRIO, Daiane Teixeira; et al. Lixão municipal: abordagem de uma problemática ambiental na cidade do Rio Grande-RS. v. 15, p. 20, 2010.

AMORIM, Aldo Siervo de. **Análise crítica da viabilidade econômica e ambiental do processo de reciclagem de resíduos de construção civil no âmbito de um município**. Tese (Doutorado em Ciências), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85134/tde-22082016-154803/>>. Acesso em: 19 nov. 2018.

ANGULO, Sérgio Cirelli; TEIXEIRA, Cláudia Echevengúá; CASTRO, Alessandra Lorenzetti de; et al. Resíduos de construção e demolição: avaliação de métodos de quantificação. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 16, n. 3, p. 299–306, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522011000300013&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 19 nov. 2018.

ANTONOPOULOS, I. -S.; PERKOULIDIS, G.; LOGOTHETIS, D.; et al. Ranking municipal solid waste treatment alternatives considering sustainability criteria using the analytical hierarchical process tool. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 86, p. 149–159, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344914000603>>. Acesso em: 10 dez. 2019.

ASSIS, Cássia Silveira de. Modelo de gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos: uma contribuição ao planejamento urbano. Tese. (Doutorado em Geociências) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade do Estado de São Paulo, Rio Claro, 2002. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/102956>>. Acesso em: 9 nov. 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9000**: Sistemas de gestão da qualidade – Fundamentos e vocabulário. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2018**. São Paulo: ABRELPE, 2018. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/download-panorama-2018-2019/>>. Acesso em: 20 fev. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004**: Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15112**: Resíduos da construção civil e resíduos volumosos - Áreas de transbordo e triagem - Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15113**: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15114**: Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15115**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Execução de camadas de pavimentação - Procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15116**: Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA PARA RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL E DEMOLIÇÃO (ABRECON). Relatório de Pesquisa Setorial 2017/2018. São Paulo: ABRECON, 2018. 66p.

BALDAM, R. DE L. **Gerenciamento de processos de negócios: BPM - Business Process Managment**. São Paulo: Érica, 2007.

BALDAM, Roquemar. Ciclo de Gerenciamento de BPM. In: VALLE, Rogério; OLIVEIRA, Sergio Barbará (Org.). **Análise e Modelagem de Processos de Negócio: Foco na Notação BPMN (Business Process Modeling Notation)**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2009. p. 109-115.

BALDAM, Roquemar; VALLE, Rogério; ROZENFELD, Henrique. **Gerenciamento de Processos de Negócios BPM: Uma referência para implantação prática**. São Paulo: Elsevier, 2014. 424 p.

BANAWI, A.; BILEC, M. M. A *framework* to improve construction processes: Integrating Lean, Green and Six Sigma. **International Journal of Construction Management**, v. 14, n. 1, p. 45–55, 2 jan. 2014. Disponível em <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15623599.2013.875266>. Acesso em 27 Fev. 2020.

BELHADI, A.; TOURIKI, F. E.; FEZAZI, S. E. A *framework* for effective implementation of lean production in Small and Medium-sized Enterprises. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 9, n. 3, p. 786–810, 14 set. 2016. Disponível em <http://www.jiem.org/index.php/jiem/article/view/1907>. Acesso em 25 Jan. 2020.

BERNARDO, Miguel; GOMES, Marta Castilho; DE BRITO, Jorge. Demolition waste generation for development of a regional management chain model. **Waste Management (New York, N.Y.)**, v. 49, p. 156–169, 2016. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X15302609>. Acesso em 18 nov. 2018.

BERZI, Lorenzo; DELOGU, Massimo; GIORGETTI, Alessandro; et al. On-field investigation and process modelling of End-of-Life Vehicles treatment in the context of Italian craft-type Authorized Treatment Facilities. **Waste Management**, v. 33, n. 4, p. 892–906, 2013. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X1200548X>>. Acesso em: 10 dez. 2018.

BEZERRA, Eduardo. **Princípios de análise e projeto de sistema com UML**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015. 416 p.

BING, Xiaoyun; BLOEMHOF, Jacqueline M.; RAMOS, Tania Rodrigues Pereira; et al. Research challenges in municipal solid waste logistics management. **Waste Management**, v. 48, p. 584–592, 2016. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X15302099>>. Acesso em: 10 dez. 2018.

BLENGINI, Gian Andrea; GARBARINO, Elena. Resources and waste management in Turin (Italy): the role of recycled aggregates in the sustainable supply mix. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 10, p. 1021–1030, 2010. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652610000387>>. Acesso em: 19 dez. 2018.

BORYSOWICH, C. Conducting Better Interviews. 2006. Disponível em: blogs.ittoolbox.com/eai/implementation/archives/conducting-better-interviews-

[11077](#)>. Acesso em 08 out. 2018.

BRACONI, Joana; OLIVEIRA, Saulo Barbará de. Business Process Modeling Notation (BPMN). In: VALLE, Rogério; OLIVEIRA, Saulo Barbará de (Org.). **Análise e Modelagem de Processos de Negócio: Foco na Notação BPMN** (Business Process Modeling Notation). São Paulo: Atlas, 2009. Cap. 7. p. 77-93.

BRASIL. Decreto nº 7404, de 23 de dezembro de 2010. **Regulamenta A Lei no 12.305, de 2 de Agosto de 2010, Que Institui A PNRS**. Brasília, DF.

BRASIL. Lei nº 12305, de 02 de agosto de 2010. **Institui A Política Nacional de Resíduos Sólidos; Altera a Lei no 9.605, de 12 de Fevereiro de 1998**. Brasília, DF.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. (MMA). Guia para elaboração dos Planos de Resíduos Sólidos. Brasília: MMA, 2005. 289 p.

BRASIL. Ministério das Cidades. Sistema Nacional de Informação sobre Saneamento. Brasília: SNIS, 2018.

CNMP. Metodologia de Gestão por Processos. Brasília: CNMP, 2013. 48p. Disponível em

https://www.cnmp.mp.br/portal/images/visao_360/processos/metodologia_de_gestao_por_processos_do_cnmp/Metodologia_GESTAO_POR_PROCESSOS_agosto2016.pdf. Acesso em 14 mar. 2019.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. **Cerâmica**, v. 61, n. 358, p. 178–189, 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0366-69132015000200178&lng=en&nrm=iso&tlng=pt>. Acesso em: 18 dez. 2018.

CABRAL, Antonio Eduardo Bezerra; SCHALCH, Valdir; DAL MOLIN, Denise Carpena Coitinho; et al. Desempenho de concretos com agregados reciclados de cerâmica vermelha. **Cerâmica**, v. 55, n. 336, p. 448–460, 2009. Disponível em: <<https://bdpi.usp.br/single.php?id=002695273>>. Acesso em: 26 nov. 2018.

CAMPOS, André L. N.. **Modelagem de Processos com PBMN**. 2. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2014. 178 p.

CAPOTE, Gart. **Medição de Valor de Processos para BPM**. Rio de Janeiro: Câmara Brasileira de Livros, 2013. 338 p.

CARRARA, André Ramos. **Implantação de Sistema BPMS para Gestão por Processos: Uma análise crítica**. 2011. 182 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3136/tde-30052011-232229/publico/Dissertacao_Andre_Ramos_Carrara.pdf. Acesso em 28 out. 2018.

CATELLI, Armando; SANTOS, Edilene Santana. Mensurando a criação de valor na gestão pública. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 38, n. 3, p. 423 a 450, jan. 2004. ISSN 1982-3134. Disponível em <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rap/article/view/6544>. Acesso em 03 dez. 2018.

CASTELLANO, Jordi; CASTELLANO, David; RIBERA, Albert; et al. Development of a scale of building construction systems according to CO2 emissions in the use stage of their life cycle. **Building and Environment**, v. 82, p. 618–627, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132314003084>>. Acesso em: 9 dez. 2018.

CAVALCANTI, Rubens. **Modelagem de Processo de Negócios**: Roteiro para realização de projetos de negócios. Rio de Janeiro: Brasport, 2017. 215 p.

CBOK. Guia para o Gerenciamento de Processos de Negócio. Corpo Comum do Conhecimento – ABPMP BPM CBOK V3.0, Association of Business Process Management Professionals, 2013.

CHANG, N.-B.; PIRES, A. **Sustainable Solid Waste Management: A Systems Engineering Approach**. [s.l.] John Wiley & Sons, 2015.

CHENG, Jack C. P.; WON, Jongsung; DAS, Moumita. Construction and Demolition Waste Management Using BIM Technology. In: Seppänen, O., González, V.A. & Arroyo, P., *23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction* 2015, p. 381–390. Disponível em: <<http://iglc.net/Papers/Details/1184>>. Acesso em: 08 dez. 2018.

CHITTO, A.; CHITTO, T. E.; CHITTO, M. (EDS.). **História de nossa gente: Lençóis Paulista, 150 anos**. São Paulo: Prefeitura Municipal de Lençóis Paulista, 2008.

CHOFREH, A. G.; GONI, F. A.; KLEMEŠ, J. J. Sustainable enterprise resource planning systems implementation: A *framework* development. **Journal of Cleaner Production**, v. 198, p. 1345–1354, 10 out. 2018. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618320699>. Acesso em 03 Mar. 2020.

COELHO, André; BRITO, Jorge de. Environmental analysis of a construction and demolition waste recycling plant in Portugal – Part I: Energy consumption and CO2 emissions. **Waste Management**, v. 33, n. 5, p. 1258–1267, 2013. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X1300055X>>. Acesso em: 18 nov. 2018.

COELHO, André; BRITO, Jorge. Generation of construction and demolition waste in Portugal. **Waste Management & Research**, v. 29, n. 7, p. 739–750, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/0734242X11402253>>. Acesso em: 18 nov. 2018.

Conselho Nacional do Ministério Público. **Metodologia de Gestão de Processos**: Projeto Fomento à Gestão de Processos nos MPs. 2. ed. Brasília: Cnmp,

2013. 71 p. Disponível em: <http://www.planejamento.mppr.mp.br/arquivos/File/gerenc_processos/metodologia_cnmp.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2019.

CONAMA. Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002. **Estabelece Diretrizes, Critérios e Procedimentos Para A Gestão dos Resíduos da Construção Civil.**

CONAMA. Resolução nº 348, de 16 de agosto de 2004. : Altera a Resolução CONAMA no 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos. Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=449>>. Acesso em: 02 set. 2018.

CONAMA. Resolução nº 448, de 19 de janeiro de 2012. **Altera Os Arts. 2º, 4º, 5º, 6º, 8º, 9º, 10 e 11 da Resolução Nº 307, de 5 de Julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente- Conama..** Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=672>>. Acesso em: 02 set. 2018.

CONAMA. Resolução nº 469, de 30 de julho de 2015. **Altera A Resolução Conama no 307, de 05 de Julho de 2002, Que Estabelece Diretrizes, Critérios e Procedimentos Para A Gestão dos Resíduos da Construção Civil..** Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=714>>. Acesso em: 02 set. 2018.

CONTRERAS, M. et al. Recycling of construction and demolition waste for producing new construction material (Brazil case-study). **Construction and Building Materials**, v. 123, p. 594-600, 2016. Disponível em https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061816311448?casa_token=Nh7RdOFWTIYAAAAA:PX6ZxlrjnU3p73czvEuOhUd7XH1P3gR40cdNatZ9lpqr8WV6ETE8p-JazxUkb3BAIjBs31QAnS. Acesso em: 10 jul. 2020.

CÓRDOBA, Rodrigo Eduardo. **Estudo do potencial de contaminação de lixiviados gerados em aterros de resíduos da construção civil por meio de simulações em colunas de lixiviação.** text, Universidade de São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-26052015-162328/>>. Acesso em: 13 dez. 2018.

CORONADO, M.; DOSAL, E.; COZ, A.; et al. Estimation of construction and demolition waste (C&DW) generation and multicriteria analysis of C&DW management alternatives: A case study in Spain. **Waste and Biomass Valorization**, v. 2, n. 2, p. 209–225, 2011.

COSTA, Sandro Luiz. **Gestão integrada de resíduos sólidos urbanos: aspectos jurídicos e ambientais.** 1a ed. Aracaju, SE: Editora EVOCATI, 2011.

COSTA, Eugênio Pacceli; POLITANO, Paulo Rogério. Modelagem e mapeamento: técnicas imprescindíveis na gestão de processos de negócios. In: encontro nacional de engenharia de produção, 2008. Rio de Janeiro. **Anais....** Rio de Janeiro: ABEPRO, 2008. v. 1, p. 1 - 10.

CRUZ, Tadeu. **Sistemas, Métodos & Processos: Administrando Organizações Por Meio De Processos De Negócios**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2014. 376 p.

DAVENPORT, Thomas H. Process Management for Knowledge Work. In: BROCKE, Jan Vom; ROSEMAN, Michael (Org.). **Handbook on Business Process Management 1**. 2. ed. Berlim/heidelberg/nova York: Springer, 2015. Cap. 17. p. 17-36.

DE MAIO, C. et al. A *framework* for context-aware heterogeneous group decision making in business processes. **Knowledge-Based Systems**, v. 102, p. 39–50, 15 jun. 2016. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950705116300090>. Acesso em 03 Mar. 2020.

DE MELO, Aluísio Braz; GONÇALVES, Arlindo F.; MARTINS, Isabel M. Construction and demolition waste generation and management in Lisbon (Portugal). **Resources, Conservation and Recycling**, v. 55, n. 12, p. 1252–1264, 2011. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0921344911001364>>. Acesso em: 14 dez. 2018.

DUMAS, M. et al. **Fundamentals of Business Process Management**. [s.l.] Springer, 2018.

DUTRA, Danilo Lima. **Um framework para mapeamento de processos As Is apoiado por design thinking**. 2015. 134 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação) - Curso de Ciência da Computação, Centro de Informática, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015. Disponível em <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/17333>. Acesso em 19 dez. 2018.

ELSEVIER. 2015. Disponível em: <<https://www.elsevier.com/pt-br/solutions/scopus>>. Acesso em: 09 out. 2019.

ESA, Mohd Reza; HALOG, Anthony; RIGAMONTI, Lucia. Developing strategies for managing construction and demolition wastes in Malaysia based on the concept of circular economy. **Journal of Material Cycles and Waste Management**, v. 19, n. 3, p. 1144–1154, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10163-016-0516-x>>. Acesso em: 19 dez. 2018.

ESGUÍCERO, Fábio José [UNESP. **Análise econômica e ambiental na implantação de uma usina de reciclagem de resíduos da construção e demolião: estudo de caso no município de Lençóis Paulista**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Faculdade de Engenharia de Bauru, Universidade Estadual Paulista, UNESP, Bauru, 2010. Disponível em <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/93050?show=full>. Acesso em 06 jan. 2019.

EVANGELISTA, P. P. DE A.; BASTOS COSTA, D.; ZANTA, V. M. Alternativa sustentável para destinação de resíduos de construção classe A: sistemática para reciclagem em canteiros de obras. **Ambiente Construído**, v. 10, n. 3, p. 23–40, set. 2010. Disponível em <http://www.scielo.br/pdf/ac/v10n3/a02.pdf>. Acesso em 22 nov. 2018.

FALESCHINI, Flora; ZANINI, Mariano Angelo; PELLEGRINO, Carlo; et al. Sustainable management and supply of natural and recycled aggregates in a medium-size integrated plant. **Waste Management**, v. 49, p. 146–155, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X16300137>>. Acesso em: 27 dez. 2018.

FARIAS, Izaura Pereira. Proposta de modelo de gestão de resíduos da construção civil para a zona leste da cidade de Teresina - PI. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade do Estado de São Paulo, Rio Claro, 2014. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/handle/11449/110575>>. Acesso em: 24 dez. 2018.

FERNANDES, Maria da Paz Medeiros. **Apreciação de boas práticas visando a geração de um modelo para a gestão municipal dos resíduos da construção civil**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/77644>>. Acesso em: 19 dez. 2018.

FIALHO, Marco Antonio. **Aspectos de ordem institucional para a gestão de resíduos sólidos em áreas metropolitanas: o desafio da intermunicipalidade**. Tese (Doutorado em Geografia Humana), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8136/tde-29062012-144538/>>. Acesso em: 20 dez. 2018.

FIGUEIREDO, Eduardo. **Resumo dos Diagramas UML**. Disponível em: <https://homepages.dcc.ufmg.br/~figueiredo/disciplinas/aulas/uml-diagramas_v01-1.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2019.

FIORINI, Paula de Camargo; JABBOUR, Charbel José Chiappetta. Information systems and sustainable supply chain management towards a more sustainable society: Where we are and where we are going. **International Journal of Information Management**, v. 37, n. 4, p. 241–249, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268401216301578>>. Acesso em: 10 out. 2018.

FRANCESCHI, F. R. A. DE. **A proposição de indicadores de desempenho para planos municipais de gestão integrada de resíduos sólidos e a aplicação na Bacia Hidrográfica Tietê-Jacaré (UGRHI-13)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 12 jun. 2017. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-27102017-102615/pt-br.php>>. Acesso em 20 dez. 2018.

FREITAS, Luis Conceição. **Manual de Segurança e Saúde do Trabalho**. 3. ed. Lisboa: Sílabo, 2016.

GABRYELCZYK, R.; KULESZA, P.; RAKOWSKA, E. Improving public sector performance by using business process modelling and measurement: a case study

analysis. **Sinergie Italian Journal of Management**, v. 35, n. Jan-Apr, 2017. Disponível em <<https://ojs.sijm.it/index.php/sinergie/article/view/71>>. Acesso em 20 mar. 2020.

GALAN-MUROS, V.; DAVEY, T. The UBC ecosystem: putting together a comprehensive *framework* for university-business cooperation. **The Journal of Technology Transfer**, v. 44, n. 4, p. 1311–1346, 1 ago. 2019. Disponível em <https://link.springer.com/article/10.1007/s10961-017-9562-3>. Acesso em 05 Mar. 2020.

GÁLVEZ-MARTOS, José-Luis; STYLES, David; SCHOENBERGER, Harald; et al. Construction and demolition waste best management practice in Europe. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 136, p. 166–178, 2018. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0921344918301538>>. Acesso em: 27 dez. 2018.

GÁLVEZ-MARTOS, J.L.; ISTRATE, I. - Construction and demolition waste management. In: PACHECO-TORGAL, F. et al. (Eds.). **Advances in Construction and Demolition Waste Recycling**. Woodhead Publishing Series in Civil and Structural Engineering. [s.l.] Woodhead Publishing, 2020. p. 51–68. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128190555000048>>. Acesso em 20 abr. 2020.

GHAFFAR, S.H., BURMAN, M., BRAIMAH, N., 2020. Pathways to circular construction: An integrated management of construction and demolition waste for resource recovery. **Journal of Clean Production** v. 244, 118710. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619335802>. Acesso em 21 fev. 2020.

GHAFOURIAN, Kambiz; MOHAMED, Zainai; ISMAIL, Syuhaida; et al. Current Status of the Research on Construction and Demolition Waste Management. **Indian Journal of Science and Technology**, v. 9, n. 35, 2016. Disponível em: <<http://www.indjst.org/index.php/indjst/article/view/96231>>. Acesso em: 21 dez. 2018.

GUIRADO, C.; FERNANDES, E. **Lençóis Paulista conta sua história: 150 anos**. 1 ed ed. Bauru, SP: Power Graph Gráfica e Editora, 2008.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GONÇALVES, José Ernesto de Lima. As empresas são grandes coleções de processos. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 40, n. 1, p.6-19, 2000.

GRIMBERG, E. **A Política Nacional de Resíduos Sólidos: a responsabilidade das empresas e a inclusão social**, 2004. Disponível em: <<http://www.polis.org.br/uploads/1177/1177.pdf>>

HAMMER, Michael. What is Business Process Management? In: BROCKE, Jan Vom; ROSEMMAN, Michael (Org.). **Handbook on Business Process Management**. Berlim/heidelberg/nova York: Springer, 2015. p. 3-17.

HEMPE, C.; NOGUERA, J. O. C. A EDUCAÇÃO AMBIENTAL E OS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS. **Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology**, v. 5, n. 5, p. 682–695, 23 jan. 2012. Disponível em <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/4117/2798>. Acesso em 22 out. 2018.

HITPASS, Bernhard. **Business Process Management (BPM): Concepts, and how to apply and integrate it with IT**. San Tiago: BPM Center, 2014.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades: Panorama Municipal**. 2018. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sp/lencois-paulista/panorama>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

IRITANI, Diego Rodrigues et al. Análise sobre os conceitos e práticas de Gestão por Processos: revisão sistemática e bibliometria. **Gestão & Produção**, [s.l.], v. 22, n. 1, p.164-180, mar. 2015. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530x814-13>.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil: Relatório de Pesquisa. Brasília: Ipea, 2012. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120911_relatorio_construcao_civ. Acesso em: 10 jun. 2018.

JASIULEWICZ-KACZMAREK, M. et al. Implementing BPMN in Maintenance Process Modeling. In: ŚWIĄTEK, J.; BORZEMSKI, L.; WILIMOWSKA, Z. (Eds.). **Information Systems Architecture and Technology: Proceedings of 38th International Conference on Information Systems Architecture and Technology – ISAT 2017**. Advances in Intelligent Systems and Computing. Cham: Springer International Publishing, 2018. v. 656p. 300–309.

JESTON, John. **Business Process Management**. 3. ed. London: Routledge, 2014. 688 p.

JESTON, John; NELIS, Johan. **Business Process Management: Practical guidelines to successful implementations**. 3. ed. London/new York: Routledge, 2014. 647 p.

JESTON, J. **Business Process Management: Practical Guidelines to Successful Implementations**. 4 edition ed. [s.l.] Routledge, 2018.

JOSEY, A. **TOGAF® Versao 9.1 - Um Guia de Bolso**. [s.l.] Van Haren, 2015.

KLEIN, F. B.; DIAS, S. L. F. G. A deposição irregular de resíduos da construção civil no município de São Paulo: um estudo a partir dos instrumentos de políticas públicas ambientais. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 40, n. 0, 30 abr. 2017. Disponível em <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/47703>. Acesso em 23 nov. 2018.

KLEIN, F. B. et al. Gestão de resíduos sólidos urbanos nos municípios da Bacia Hidrográfica do Alto Tietê: uma análise sobre o uso de tic no acesso à informação governamental. **Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, [S.L.], v. 10, n. 1, p. 140-153, abr. 2018. FapUNIFESP (SciELO).

LACERDA, Daniel Pacheco; SALIBA, Lázaro Ricardo Alves; SOARES, Priscila Ferraz. Assessment of Impacts on Business Process from Adopting ERP: An Exploratory Analysis in a Hotel. **Teoria e Prática em Administração**, João Pessoa, v. 1, n. 1, p.18-42, jan. 2011.

LAFUENTE JUNIOR, Arnaldo Newton de Aguiar. RESÍDUOS SÓLIDOS EM RESTAURANTE COMERCIAL: UM ESTUDO DE CASO NA CIDADE DE SANTOS/SP. **Revista de Tecnologia Aplicada**, v. 6, n. 2, p. 44–61, 2012. Disponível em: [file:///C:/Users/F%C3%A1bio%20Esquicero/Downloads/430-1275-1-PB%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/F%C3%A1bio%20Esquicero/Downloads/430-1275-1-PB%20(2).pdf). Acesso em 22 nov. 2018.

LAGREGA, Michael D; BUCKINGHAM, Phillip L; EVANS, Jeffrey C; et al. **Hazardous waste management**. Long Grove, Ill.: Waveland Press, Inc., 2010.

LAGUNA, Manuel; MARKLUND, Johan. **Business Process Modeling, Simulation and Design**: (Textbooks in Mathematics). 3. ed. Boca Raton: Crc Press, 2018. 542 p.

LEITE, Izabella Caroline de Almeida; DAMASCENO, João Luís; REIS, Alexandre Magrinelli dos; et al. GESTÃO DE RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL: UM ESTUDO EM BELO HORIZONTE E REGIÃO METROPOLITANA. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 14, n. 1, 2017. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/reec/article/view/44439>>. Acesso em: 27 jan. 2019.

LEITE, João Victor Giavina de Almeida et al. Melhoria de Processo Operacional Utilizando Mapa de Fluxo de Valor em Uma Indústria Metal- Mecânica. **Revista Fsa**, Teresina, v. 14, n. 5, p.146-170, set. 2017. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/319429047_Melhoria_de_Processo_Operacional_Utilizando_Mapas_de_Fluxo_de_Valor_em_Uma_Industria_Metal-Mecanica. Acesso em 28 dez. 2018.

LENÇÓIS PAULISTA. Decreto nº 458, de 19 de dezembro de 2013. **Aprova o Plano Municipal de Saneamento Básico**.

LENÇÓIS PAULISTA. Lei nº 4525, de 08 de outubro de 2013. **Institui O Plano Municipal de Resíduos Sólidos**.

LENÇÓIS PAULISTA. Secretaria de Agricultura e Meio Ambiente do município de Lençóis Paulista. 2018.

LI, J. et al. A model for estimating construction waste generation index for building project in China. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 74, p. 20–26, 1 maio 2013. Disponível em <http://isiarticles.com/bundles/Article/pre/pdf/69659.pdf>. Acesso em 18 out. 2018.

LIMA, Josiane Palma; LOBATO, Kelly Carla Dias; LEAL, Fabiano. Aplicação do idef-

sim na modelagem conceitual de processos de seleção de resíduos sólidos urbanos. Disponível em <http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2011/pdf/90496.pdf>. Acesso em 21 out. 2018.

LIMA, Rosimeire Midori Suzuki Rosa. **Sistema de avaliação da gestão integrada de resíduos da construção civil na esfera municipal**. Tese (Doutorado em Saúde Pública), Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6134/tde-20022014-114459/>>. Acesso em: 9 jan. 2019.

LIMA-E-SILVA, Pedro Paulo de. **Dicionário brasileiro de ciências ambientais**. Rio de Janeiro: Thex, 2002. Disponível em: <http://books.google.com/books?id=gFUNAAAAYAAJ>>. Acesso em: 6 jan. 2019.

LOBATO, Kelly Carla Dias; LIMA, Josiane Palma. Caracterização e avaliação de processos de seleção de resíduos sólidos urbanos por meio da técnica de mapeamento. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 15, n. 4, p. 347–356, 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522010000400007&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 10 jan. 2019.

LOPES, Adriana Antunes. **Estudo da gestão integrada de resíduos sólidos urbanos na Bacia Tietê-Jacaré (UGRHI-13)**. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2007.. Acesso em 17 out. 2018.

LU, Weisheng; YUAN, Hongping. Exploring critical success factors for waste management in construction projects of China. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 55, n. 2, p. 201–208, 2010. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344910002119>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

LU, W.; YUAN, H. A *framework* for understanding waste management studies in construction. 2011. Disponível em <http://hub.hku.hk/handle/10722/152831>. Acesso em 14 nov. 2018.

MAGAGNIN FILHO, Nilson; SICHIERI, Eduvaldo Paulo. Resíduos da construção civil em Londrina: uma proposta de reciclagem. **Anais**, 2015. Disponível em: <https://bdpi.usp.br/item/002737502>>. Acesso em: 6 dez. 2018.

MANKIW, N. Gregory. **Princípios de macroeconomia**. 6. ed. [s.l.]: Cengage Learning, 2013.

MARIANO, Isadora Cidade; MULLER, Cláudio José. **Melhoria de Processos pelo BPM: Aplicação no setor público**. 2012. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/65643/000857914.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

Seethamraju, R.; Marjanovic, O. Role of process knowledge in business process improvement methodology: a case study, *Business Process Management Journal*, v. 15, n. 6, p. 920-936, 2009.

MARSHALL, R. E.; FARAHBAKHSH, K. Systems approaches to integrated solid waste management in developing countries. **Waste Management**, v. 33, n. 4, p. 988–1003, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X13000032>. Acesso em 12 dez. 2018.

MARTINHÃO FILHO, O.; SOUZA, L. G. M.. Sistema integrado de gestão um estudo de caso sobre as restrições e os benefícios identificados numa empresa automotiva: um estudo de caso sobre as restrições e os benefícios identificados numa empresa automotiva. In: SIMPÓSIO DE ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO, LOGÍSTICA E OPERAÇÕES INTERNACIONAIS, 9., 2006, São Paulo. **Anais...**. São Paulo: Fgv, 2006. p. 1 - 20.

MARINKOVIĆ, S.; RADONJANIN, V.; MALEŠEV, M.; et al. Comparative environmental assessment of natural and recycled aggregate concrete. **Waste Management**, v. 30, n. 11, p. 2255–2264, 2010. (Special Thematic Section: Sanitary Landfilling). Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X10002217>>. Acesso em: 27 fev. 2019.

MARQUES NETO, José da Costa. **Estudo da gestão municipal dos resíduos de construção e demolição na bacia hidrográfica do Turvo Grande (UGRHI-15)**. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Faculdade de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2009. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18139/tde-22042010-135307/>>. Acesso em: 8 nov. 2018.

MARSHALL, Rachael E.; FARAHBAKHSH, Khosrow. Systems approaches to integrated solid waste management in developing countries. **Waste Management**, v. 33, n. 4, p. 988–1003, 2013. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X13000032>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

MARZOUK, Mohamed; AZAB, Shimaa. Environmental and economic impact assessment of construction and demolition waste disposal using system dynamics. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 82, p. 41–49, 2014. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092134491300222X>>. Acesso em: 27 dez. 2018.

MELO, Leônidas Carrijo Azevedo; SILVA, Carlos Alberto; DIAS, Bruno de Oliveira. CARACTERIZAÇÃO DA MATRIZ ORGÂNICA DE RESÍDUOS DE ORIGENS DIVERSIFICADAS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, 2008. Disponível em: <http://www.redalyc.org/resumen.oa?id=180214230010>>. Acesso em: 19 dez. 2018.

MELLO, Ana Emília Nascimento Salomon de. **Aplicação do Mapeamento de Processos e da simulação no desenvolvimento de projetos de processos produtivos**. 2008. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2008. Disponível em

<https://repositorio.unifei.edu.br/xmlui/handle/123456789/1695>. Acesso em 22 nov. 2018.

MENEZES, Mayko de Sousa; PONTES, Fernanda Veronesi Marinho; AFONSO, Júlio Carlos. Panorama dos Resíduos de Construção e Demolição. **Revista de Química Industrial**, v. 79, n. 733, p. 5, 2011. Disponível em: <<http://www.abq.org.br/rqi/2011/733/RQI-733-pagina17-Panorama-dos-Residuos-de-Construcao-e-Demolicao.pdf>>. Acesso em 13 out. 2018.

MING LU, M.ASCE; POON, Chi-Sun; WONG, Lap-Chi. Application *Framework* for Mapping and Simulation of Waste Handling Processes in Construction. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 132, n. 11, p. 1212–1221, 2006. Disponível em: <<https://ascelibrary.org/doi/full/10.1061/%28ASCE%290733-9364%282006%29132%3A11%281212%29>>. Acesso em: 11 dez. 2018.

MOH, Yiing Chiee; ABD MANAF, Latifah. Overview of household solid waste recycling policy status and challenges in Malaysia. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 82, p. 50–61, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344913002498>>. Acesso em: 6 dez. 2018.

MORAES, Flavia Tuane Ferreira; LIMA, Josiane Palma; LIMA, Renato Da Silva. Logística Reversa de Resíduos de Construção Civil: os oportunidades e desafios em diferentes países. In: JOINVILLE/SC - BRASIL: [s.n.], 2017. Disponível em: <<http://www.abepro.org.br/publicacoes/artigo.asp?e=enegep&a=2017&c=34119>>. Acesso em: 19 dez. 2018.

MÜCKENBERGER, Everson et al. Gestão de processos aplicada à realização de convênios internacionais bilaterais em uma instituição do ensino superior pública brasileira. **Production**, v. 23, n. 3, p.637-651, 26 out. 2012. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0103-65132012005000076>. Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-65132013000300016. Acesso em 11 dez. 2018.

NAGALLI, A. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

NAGALLI, André. The sustainability of Brazilian construction and demolition waste management system. **The Electronic Journal of Geotechnical Engineering**, v. 18, p. 1755-59, 2013. Disponível em <http://www.ejge.com/2013/Ppr2013.170alr.pdf> Acesso em 08 jul 2020.

NOGUEIRA, Nicole Giansante; GONÇALVES, Raphael Sigolo Ruas; CAMPOS, Renato de. Analysis of the application of business process management in a section of a public university. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, [s.l.], v. 13, n. 4, p.289-309, 1 nov. 2018. A Fundacao para o Desenvolvimento de Bauru (FunDeB). <http://dx.doi.org/10.15675/gepros.v13i4.2036>. Disponível em <https://revista.feb.unesp.br/index.php/gepros/article/view/2036>. Acesso em 17 nov. 2018.

OLIVEIRA, Thais Brito de; GALVÃO JUNIOR, Alceu de Castro. Planejamento municipal na gestão dos resíduos sólidos urbanos e na organização da coleta seletiva. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 21, n. 1, p. 55–64, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522016000100055&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 27 fev. 2019.

OLIVEIRA, Saulo Barbará de; ALMEIDA NETO, Mário de Araújo. Análise e Modelagem de Processos. In: VALLE, Rogério; OLIVEIRA, Saulo Barbará de (Org.). **Análise e Modelagem de Processos de Negócio: Foco na Notação BPMN** (Business Process Modeling Notation). São Paulo: Atlas, 2009. Cap. 5. p. 37-51.

OMG. **Business Process Model and Notation (BPMN)**. 2013. Disponível em: <<http://www.omg.org/spec/BPMN>>. Acesso em: 10 out. 2018.

PAVANI JÚNIOR, Orlando; SCUCUGLIA, Rafael. **Mapeamento e Gestão por processos - BPM: (Business Process Management)**. São Paulo: M.books, 2011. 376 p.

PENTEADO, C. S. G.; ROSADO, L. P. Comparison of scenarios for the integrated management of construction and demolition waste by life cycle assessment: A case study in Brazil. **Waste Management & Research**, v. 34, n. 10, p. 1026–1035, 1 out. 2016. Disponível em <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0734242X16657605>. Acesso em 04 Mar. 2020.

PEREIRA, Tábata Fernandes et al. Soft system methodology como auxílio à gestão do conhecimento em projetos de simulação a eventos discretos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 32., 2012, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves/rs: Abepro, 2012. p. 1 - 15. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2012_TN_STO_164_958_19792.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2019.

PETENATE, Marcelo. **Ferramenta para Melhoria - SIPOC**. 2012. Disponível em: <<https://www.escolaedti.com.br/ferramenta-melhoria-sipoc-2/>>. Acesso em: 01 fev. 2019.

PIETRONÍ, R. Best practices in business process modelling. **Information Systems in Management**, v. Vol. 5, No. 4, 2016. Disponível em <http://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-0b904c06-66f7-4e0b-950e-c52337450e87>. Acesso em 02 Mar. 2020.

PILLAT, R. M.; OLIVEIRA, T. C.; FONSECA, F. L. **Introducing software process tailoring to BPMN: BPMNt**. Proceedings of the International Conference on Software and System Process. **Anais...**: ICSSP '12.Zurich, Switzerland: IEEE Press, 2 jun. 2012. Acesso em: 24 fev. 2020

PINGGERA, J. **The Process of Process Modeling**. Dissertação. Innsbruck: University of Innsbruck, 2014. Disponível em

<<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.723.5727&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em 20 mar. 2020.

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

PRADELLA, S.; WENDT, D. J. A Modelagem de Processos como Fonte de Requisitos para o Desenvolvimento de Sistemas em uma IES: Um Estudo de Caso. In: XXXI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2011, Belo Horizonte. *Anais...* Belo Horizonte: ABEPRO, 2011. p. 1–12. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_TN_STO_142_898_18136.pdf Acesso em: 11 nov. 2018.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Editora Feevale, 2013.

RIBEIRO, Tiago de Oliveira. **Percepções quanto a influência do bpmn na gestão dos processos de negócio: um estudo em uma empresa do setor varejista no Brasil**. 2015. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2015. Disponível em <https://app.uff.br/riuff/handle/1/1668>. Acesso em 16 out. 2018.

RODRIGUES, Stênio Lima; SOUSA, João Vitor de Oliveira. Modelagem de processos de negócios: um estudo sobre as compras farmacêuticas em um hospital na cidade de Teresina-PI. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 3., 2015, João Pessoa. *Anais...* . João Pessoa: Simep, 2015. p. 1 - 16. Disponível em: <<https://even3storage.blob.core.windows.net/anais/55737.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

RODRIGUES, Stênio Lima; SOUSA, João Vitor de Oliveira. Modelagem de Processos de Negócios: Um Estudo Sobre os Processos de Gestão de Compras Farmacêuticas em Hospital da Rede Privada de Teresina-PI. **Revista de Gestão em Sistemas de Saúde**, [s.l.], v. 04, n. 01, p.83-99, 1 jun. 2015. University Nove de Julho. <http://dx.doi.org/10.5585/rqss.v4i1.156>. Disponível em <http://www.revistargss.org.br/ojs/index.php/rqss/article/view/156>. Acesso em 22 out. 2018.

RÖGLINGER, Maximilian; PÖPPELBUß, Jens; BECKER, Jörg. Maturity models in business process management. **Business Process Management Journal**, [s.l.], v. 18, n. 2, p.328-346, 13 abr. 2012. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/14637151211225225>. Acesso em 13 dez. 2018.

ROHLOFF, Michael. Advances in business process management implementation based on a maturity assessment and best pract. **Information Systems And E-business Management**, [s.l.], v. 9, n. 3, p.383-403, 24 ago. 2010. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s10257-010-0137-1>. Acesso em 14 dez. 2018.

ROSEMANN, Michael; BROCKE, Jan Vom. The Six Core Elements of Business Process Management. In: ROSEMANN, Michael; BROCKE, Jan Vom (Ed.). **Handbook on Business Process Management 1: Introduction, Methods, and Information Systems**. Heidelberg New York Dordrecht London: Springer, 2015. p. 105-126.

RUBEN, R. B.; VINODH, S.; ASOKAN, P. Implementation of Lean Six Sigma *framework* with environmental considerations in an Indian automotive component manufacturing firm: a case study. **Production Planning & Control**, v. 28, n. 15, p. 1193–1211, 18 nov. 2017. Disponível em <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/09537287.2017.1357215>. Acesso em 24 Fev. 2020.

SÃO PAULO. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. **Inventário Estadual de Resíduos Sólidos Urbanos**. São Paulo: Cetesb, 2013. 118 p. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/solo/wp-content/uploads/sites/18/2014/12/residuosSolidos2013.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2019.

SÃO PAULO. SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Gerenciamento Online de Resíduos da Construção Civil**. São Paulo: Sma, 2014. 120 p.

SEADE. Sistema Estadual de Análise de Dados. Perfil dos municípios paulistas. Disponível em <http://www.perfil.seade.gov.br/>

SCHALCH, Valdir. **Estratégia para gestão e gerenciamento de resíduos sólidos**. Livre Docência, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

SCHALCH, Valdir; LEITE, Wellington Ciro Almeida; FERNANDES JÚNIOR, José Leomar; et al. **GESTÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2002. Disponível em: [http://www.deecc.ufc.br/Download/Gestao de Residuos Solidos PGTGA/Apostila Gestao e Gerenciamento de RS Schalch et al.pdf](http://www.deecc.ufc.br/Download/Gestao%20de%20Residuos%20Solidos%20PGTGA/Apostila%20Gestao%20e%20Gerenciamento%20de%20RS%20Schalch%20et%20al.pdf). Acesso em 12 out. 2018.

SCHALCH, V.; CASTRO, M.A. S. de; CÓRDOBA, R. E. **Tratamento e disposição final ambientalmente adequada de resíduos sólidos urbanos**. São Carlos, EESC-USP, 2015, 52 p.

SCHMIEDEL, Theresa; BROCKE, Jan Vom; RECKER, Jan. Culture in Business Process Management: How Cultural Values Determine BPM Success. In: BROCKE, Jan Vom; ROSEMANN, Michael (Ed.). **Handbook on Business Process Management 2: Strategic Alignment, Governance, People and Culture**. 2. ed. Heidelberg New York Dordrecht London: Springer, 2015. p. 649-664.

SCHNEIDER, Dan Moche. **Deposições Irregulares de Resíduos da Construção**

Civil na Cidade de São Paulo. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública), Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. Disponível em http://www.ietsp.com.br/static/media/media-files/2015/01/23/Dissert_Schneider_-_Dls_de_RCC_na_Cidade_de_S%C3%A3o_Paulo.pdf. Acesso em 13 dez. 2018.

SCREMIN, Lucas Bastianello; CASTILHOS JUNIOR, Armando Borges; ROCHA, Janaíde Cavalcante. Sistema de Apoio ao Gerenciamento de Resíduos de Construção e Demolição para Municípios de Pequeno Porte. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 2, 2014. Disponível em: <http://submission.scielo.br/index.php/esa/article/view/105399>>. Acesso em: 6 nov. 2018.

Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo. **Relatório de Qualidade Ambiental - 2017.** São Paulo: Sma, 2018. Disponível em: <https://www.ambiente.sp.gov.br/cpla/2018/05/30/relatorio-de-qualidade-ambiental-2017/>>. Acesso em: 02 out. 2018.

SGANDERLA, Kelly. **BPMN: Introdução ao Diagrama de Conversação.** 2014. Disponível em: <http://blog.iprocess.com.br/2014/06/novos-diagramas-e-elementos-introducao-a-conversacao/>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

SILVA, Carlos. **Gestão de resíduos sólidos: o que diz a lei.** [s.l.]: Editora Trevisan, 2014.

SILVA, Vinícius Arcanjo da; FERNANDES, André Luís Teixeira. Cenário do gerenciamento dos resíduos da construção e demolição (RCD) em Uberaba-MG. **Sociedade & Natureza**, v. 24, n. 2, p. 333–344, 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1982-45132012000200012&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 16 nov. 2018.

SILVA, Edna Lúcia; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação.** 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

SILVEIRA, Roberto Patrocínio. Conhecimento em resíduos sólidos e coleta seletiva na era da reutilização e da reciclagem: o ex-lixo como pilar de uma sociedade mais inclusiva e menos insustentável. 2014. Disponível em: http://bdm.unb.br/bitstream/10483/9855/1/2014_RobertoPatrocinioSilveira.pdf. Acesso em 09 dez. 2018.

SILVER, Bruce. **Bpmn Method and Style, 2nd Edition, with Bpmn Implementer's Guide:** Structured Approach for Business Process Modeling and Implementation Using Bpmn. 2. ed. Altadena/ca: Cody-cassidy Press, 2011. 268 p.

SIMON, F.-G.; KELDENICH, K. Abfallwirtschaft im Spannungsfeld zwischen thermischer Behandlung und Recycling. **Chemie Ingenieur Technik**, v. 84, n. 7, p. 985–990, 2012. Disponível em <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/cite.201200005>. Acesso em 14 dez. 2018.

SIMON, Kerri. **SIPOC DIAGRAM.** 2001. Disponível em:

<<https://www.isixsigma.com/tools-templates/sipoc-copis/sipoc-diagram/>>. Acesso em: 01 dez. 2018.

SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DE SÃO PAULO (São Paulo). **Resíduos da Construção Civil e o Estado de São Paulo**. São Paulo: Sinduscon, 2012. 85 p. Disponível em: <http://arquivos.ambiente.sp.gov.br/municipioverdeazul/2012/08/residuos_construcao_civil_sp.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2019.

SLACK, N et al. **Gerenciamento de Operações e de Processos**: Princípios e Práticas de Impacto Estratégico. Porto Alegre: Bookman, 2008. 552 p.

SOBRAL, Ricardo Franklin Cavalcanti. Viabilidade econômica de usina de reciclagem de resíduos da construção civil: estudo de caso da USIBEN. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012. Disponível em: <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/5479>>. Acesso em: 16 dez. 2018.

SOLTANI, Atousa; HEWAGE, Kasun; REZA, Bahareh; et al. Multiple stakeholders in multi-criteria decision-making in the context of Municipal Solid Waste Management: A review. **Waste Management**, v. 35, p. 318–328, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X14004322>>. Acesso em: 22 dez. 2018.

SORDI, José Osvaldo de. **Gestão por Processos: uma Abordagem Moderna da Administração**. São Paulo: Saraiva, 2015. 362 p.

SOUZA, Daniele Gonçalves de. **Metodologia de Mapeamento para Gestão de Processos** Dissertação. 2014. 92 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014. Disponível em <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/139426/000989851.pdf?sequence=1>. Acesso em 13 nov. 2018.

SOUTO, Gabriel D'Arrigo de Brito; POVINELLI, Jurandyr. Resíduos sólidos. **Engenharia Ambiental : conceitos, tecnologia e gestão**, 2013. Disponível em: <<https://bdpi.usp.br/item/002472405>>. Acesso em: 6 dez. 2018.

STRNADL, Christoph F.. Aligning Business and It: The Process-Driven Architecture Model. **Information Systems Management**, [s.l.], v. 23, n. 4, p.67-77, set. 2006. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1201/1078.10580530/46352.23.4.20060901/95115.9>. Acesso em 26 nov. 2018.

TAM, V. W. Y.; SOOMRO, M.; EVANGELISTA, A. C. J. A review of recycled aggregate in concrete applications (2000–2017). **Construction and Building Materials**, v. 172, p. 272–292, 30 maio 2018. Disponível em <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061818307451>. Acesso em 03 Mar. 2020.

TSENG, S. T.; LEVY, P. E. A multilevel leadership process framework of performance management. **Human Resource Management Review**, v. 29, n. 4, p. 100668, 1 dez. 2019. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053482218302900>>. Acesso em 21 mar. 2020.

TURRIONI, João Batista; MELLO, Carlos Henrique Pereira. METODOLOGIA DE PESQUISA EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. 2012. Disponível em: <[http://www.marco.eng.br/adm-organizacao-I/Apostila Metodologia Completa 2012 %20UNIFEI.pdf](http://www.marco.eng.br/adm-organizacao-I/Apostila%20Metodologia%20Completa%202012%20UNIFEI.pdf)>. Acesso em 03 nov. 2018.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Climate Change Indicators in the United States, 2014. n. 3, p. 112. Disponível em: <<https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-07/documents/climateindicators-full-2014.pdf>>. Acesso em 29 dez. 2018.

VARGAS, Carolline. **Análise da gestão de resíduos da construção civil no estado do Paraná e município de Cascavel-PR**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Toledo, 2018. Disponível em [http://tede.unioeste.br/bitstream/tede/3635/2/Carolline Vargas 2018.pdf](http://tede.unioeste.br/bitstream/tede/3635/2/Carolline_Vargas_2018.pdf). Acesso em 13 dez. 2018.

VELLOSO, Marta Pimenta. Os restos na história: percepções sobre resíduos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 13, n. 6, p. 1953–1964, 2008.

VOSS, Chris; TSIKRIKTSIS, Nikos; FROHLICH, Mark. Case research in operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 195–219, 2002. Disponível em: <<https://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/01443570210414329>>. Acesso em: 17 nov. 2018.

WESKE, M.; AALST, W.m.p. van Der; VERBEEK, H.m.w.. Advances in business process management. **Data & Knowledge Engineering**, [s.l.], v. 50, n. 1, p.1-8, jul. 2004. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.datak.2004.01.001>. Acesso em 17 out. 2018.

WHOLEY, J. S.; HATRY, H. P.; NEWCOMER, K. E. **Handbook of Practical Program Evaluation**. [s.l.] John Wiley & Sons, 2010.

WILSON, David C. Development drivers for waste management. **Waste Management & Research**, v. 25, n. 3, p. 198–207, 2007. Disponível em: <<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0734242X07079149>>. Acesso em: 16 nov. 2018.

WIŚNIEWSKI, P.; KLUZA, K.; LIGEZA, A. An Approach to Participatory Business Process Modeling: BPMN Model Generation Using Constraint Programming and Graph Composition. **Applied Sciences**, v. 8, n. 9, p. 1428, set. 2018. Disponível em <<https://www.mdpi.com/2076-3417/8/9/1428>>. Acesso em 20 mar. 2020.

WU, Zezhou; YU, Ann T. W.; SHEN, Liyin. Investigating the determinants of contractor's construction and demolition waste management behavior in Mainland China. **Waste Management**, v. 60, p. 290–300, 2017. (Special Thematic Issue: Urban Mining and Circular Economy). Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X16305049>>. Acesso em: 13 dez. 2018.

WU, Zezhou; YU, Ann T. W.; SHEN, Liyin; et al. Quantifying construction and demolition waste: An analytical review. **Waste Management**, v. 34, n. 9, p. 1683–1692, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X14002104>>. Acesso em: 23 dez. 2018.

YEHEYIS, Muluken; HEWAGE, Kasun; ALAM, M. Shahria; et al. An overview of construction and demolition waste management in Canada: a lifecycle analysis approach to sustainability. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 15, n. 1, p. 81–91, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10098-012-0481-6>>. Acesso em: 13 dez. 2018.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. 3. ed. São Paulo: Bookman, 2005.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. 4. ed. São Paulo: Bookman, 2011.

YOSHITAKE, Mariano; COSTA JÚNIOR, Moacyr C.; FRAGA, Marinette Santana. O custo social e o controle de resíduos sólidos urbanos. **Science in Health**, v. 1, n. 1, 2010. Disponível em: <http://arquivos.cruzeirosuleducacional.edu.br/principal/new/revista_scienceinhealth/01_jan_abr_2010/science_35_45.pdf>. Acesso em 26 dez. 2018.

YUAN, Hongping. Barriers and countermeasures for managing construction and demolition waste: A case of Shenzhen in China. **Journal of Cleaner Production**, v. 157, p. 84–93, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261730865X>>. Acesso em: 14 out. 2018.

ZHENG, Lina; WU, Huanyu; ZHANG, Hui; et al. Characterizing the generation and flows of construction and demolition waste in China. **Construction and Building Materials**, v. 136, p. 405–413, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061817300703>>. Acesso em: 11 nov. 2018.

ZUBOV, V. V.; DOMNITSKIY, A. A.; KARGIN, R. V. Calculation and Choice of Grip Parameters for Garbage Truck Manipulator. **Procedia Engineering**, v. 129, p. 896–902, 2015. (International Conference on Industrial Engineering (ICIE-2015)). Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705815040084>>. Acesso em: 20 Out. 2019.

APÊNDICE A

PROTOCOLO DO ESTUDO DE CASO

A1 - Visão geral da pesquisa

O objetivo desta tese de doutorado é realizar o mapeamento e a modelagem de processos no gerenciamento de RCC por meio de um estudo de caso desenvolvido no município de Lençóis Paulista. Desta forma, busca-se analisar o gerenciamento dos resíduos da construção civil no âmbito municipal, identificando o funcionamento e a lógica dos processos e das atividades desenvolvidas desde a geração dos resíduos até sua destinação e disposição final. Posteriormente são propostas soluções de melhorias em cada etapa do gerenciamento, buscando aprimorar os processos, maximizando os recursos materiais e humanos empregados, visando ainda adequação as normas ambientais vigentes. O município de Lençóis Paulista foi escolhido como unidade de estudo de caso pelo fato de possuir um sistema de gerenciamento de RCC já implantado, porém sem o devido registro formal de cada processo e atividade. Além disto, a escolha é justificada pela participação do autor desta tese no desenvolvimento recente das ações de gerenciamento de RCC no município. As principais questões abordadas buscando atingir o objetivo da tese são:

- a) Quais são os processos, atividades e os atores envolvidos em cada etapa do gerenciamento municipal de RCC?
- b) Os processos e atividades desenvolvidos atendem o conteúdo estabelecido pela Resolução CONAMA n° 307/2002 e suas alterações?
- c) O município adota ações de gerenciamento de RCC correlatas com as práticas adotadas nos demais municípios do Estado de São Paulo?
- d) Quais processos e atividades devem ser melhorados visando o aprimoramento do atual sistema de gerenciamento de RCC?

A2 – Carta de apresentação

CARTA DE APRESENTAÇÃO

Esta carta tem o intuito de apresentar o trabalho de doutorado desenvolvido pelo pesquisador **Fábio José Esguícero** vinculado ao programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Faculdade de Engenharia de da UNESP *Câmpus* Bauru, tendo como orientadora a **Professora Doutora Rosane Aparecida Gomes Battistelle**.

O objetivo principal desta tese é realizar o mapeamento e a modelagem de processos do gerenciamento municipal de resíduos da construção civil (RCC) na cidade de Lençóis Paulista.

Por meio de um estudo caso pretende-se identificar detalhadamente os executores, os processos e as atividades de cada etapa do gerenciamento dos RCC no município, desde a origem até a destinação e disposição final dos resíduos.

Sua colaboração, por meio de uma entrevista, é fundamental para contribuir com o desenvolvimento do projeto. A participação de cada entrevistado tem os seguintes objetivos:

- a) Identificar o perfil do entrevistado verificando seu papel no processo de gerenciamento municipal de RCC;
- b) Mapear os processos e as atividades desenvolvidos no setor ou departamento que atua no processo de gerenciamento;
- c) Identificar possíveis melhorias nos processos visando aprimorar o gerenciamento municipal de RCC.

Destaca-se que os dados coletados são restritos para fins acadêmicos e com os

resultados alcançadas pela tese busca-se aprimorar o sistema de gerenciamento municipal de RCC.

Desde já, adradeço pela atenção e colaboração

Bauru, XX de XXXXX de 201X.

FÁBIO JOSÉ ESGUÍCERO

Pesquisador Doutorando em Engenharia de Produção
Faculdade de Engenharia de Bauru (UNESP)

A.3 - Procedimentos de campo

- a) Entrar em contato com o secretário de meio ambiente para apresentar o trabalho;
- b) Identificação dos Documentos a serem analisados;
- c) Definir locais da realização da entrevista;
- d) Definir fontes a serem entrevistadas;
- e) Determinar tempo dedicado a cada fonte de coleta de dados;
- f) Verificar os Instrumentos de coleta de dados;
- g) Identificar perfil dos entrevistados (Questinário Apêndice B);
- h) Mapeamento dos processos (Formulário 1 – Apêndice C);
- i) Descrição das atividades (Formulário 2 – Apêndice D);
- j) Identificação das melhorias (Formulário 3 – Apêndice E);
- k) Validação da modelagem com os responsáveis por cada processo.

A.4 - Questões do estudo de caso

I - Mapeamento dos processos:

- a) Identificar o processo ou subprocesso, escopo e seu objetivo;
- b) Verificar qual evento ou condição inicia o processo;

- c) Identificar quais são os fornecedores, as entradas, os clientes e as saídas do processo;
- d) Levantar a expectativa dos clientes e os fatores críticos de sucesso;
- e) Identificar quais são as atividades envolvidas no processo;
- f) Descrever a atividade desenvolvida;
- g) Identificar o executor da atividade;
- h) Descrever a sequência e os procedimentos de cada atividade.

II - Identificação das melhorias:

- a) Registrar o nome do processo, atividade e respondente;
- b) Descrever a situação atual do processo ou atividade;
- c) Identificar quais são as deficiências e pontos que necessitam ser aprimorados;
- d) Identificar qual a situação desejada ou ideal para o aprimoramento do processo.

APÊNDICE B
QUESTIONÁRIO COM PERFIL DOS ENTREVISTADOS

NOME:	
PROFISSÃO:	
FORMAÇÃO:	
CARGO QUE OCUPA NO PROCESSO:	
TEMPO DE ATUAÇÃO NO CARGO	
ATIVIDADES DESENVOLVIDAS NO PROCESSO DE GERENCIAMENTO DE RCC	
OBSERVAÇÕES:	

APÊNDICE C

FORMULÁRIO 1 - SIPOC

NOME DO PROCESSO:		
NOME DO SUBPROCESSO:		
ENTREVISTADOS:		
ESCOPO:		
OBJETIVO:		
CONDIÇÃO DE INÍCIO DO PROCESSO:		
FORNECEDORES	ENTRADAS	
SAÍDAS	CLIENTES	
EXPECTATIVA DO CLIENTE:		
FATORES CRÍTICOS DE SUCESSO:		

[illegible]

APÊNDICE E
FORMULÁRIO 3 – ENQUADRAMENTO DAS AÇÕES DE
GERENCIAMENTO PERTINENTES AO PODER PÚBLICO MUNICIPAL

DIRETRIZES E CRITÉRIOS DA RESOLUÇÃO CONAMA nº 307/2002 e ALTERAÇÕES nº 348/2004, 431/2011, 448/2012 e 469/2015 Competência: Poder Público Municipal			ENQUADRAMENTO
Atende Integralmente (I)	Atende Parcialmente (P)	Não Atende (NA)	
Art. 5º - Município possuir Plano Municipal de Gestão de RCC elaborado em consonância com o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.			
Art. 6º I - Existência de diretrizes técnicas e procedimentos para o exercício das responsabilidades dos pequenos geradores e dos grandes geradores.			
Art. 6º II - Cadastramento de áreas, públicas ou privadas, aptas para recebimento, triagem e armazenamento temporário de pequenos volumes, em conformidade com o porte da área urbana municipal, possibilitando a destinação posterior dos resíduos oriundos de pequenos geradores às áreas de beneficiamento.			
Art. 6º III - Estabelecimento de processos de licenciamento para as áreas de beneficiamento e reservação de resíduos e de disposição final de rejeitos.			
Art. 6º IV - Proibição da disposição dos resíduos de construção em áreas não licenciadas.			
Art. 6º V - Incentivo à reinserção dos resíduos reutilizáveis ou reciclados no ciclo produtivo.			
Art. 6º VI – Existência de critérios para o cadastramento de transportadores.			
Art. 6º VII – Presença das ações de orientação, de fiscalização e de controle dos agentes envolvidos.			
Art. 6º VIII – Trabalho com ações educativas visando reduzir a geração de resíduos e possibilitar a sua segregação.			

APÊNDICE F

FORMULÁRIO 4 – ENQUADRAMENTO DAS AÇÕES DE GERENCIAMENTO PERTINENTES AO SETOR PRIVADO

DIRETRIZES E CRITÉRIOS DA RESOLUÇÃO CONAMA nº 307/2002 e ATERAÇÕES nº 348/2004, 431/2011, 448/2012 e 469/2015 Competência: Setor Privado		ENQUADRAMENTO
Atende Integralmente (I) Atende Parcialmente (P) Não Atende (NA)		
Art. 8º § 1º - Os Planos de Gerenciamento de RCC, de empreendimentos e atividades não enquadrados na legislação como objeto de licenciamento ambiental devem ser apresentados ao órgão municipal competente.		
Art. 8º § 2º - Os Planos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil de empreendimentos e atividades sujeitos ao licenciamento ambiental deverão ser analisados dentro do processo de licenciamento, junto aos órgãos ambientais competentes.		
Art. 9º I – Existência da caracterização dos resíduos.		
Art. 9º II – Realização de triagem pelo gerador na origem ou nas áreas de destinação licenciadas para essa finalidade, respeitadas as classes de resíduos.		
Art. 9º III - Confinamento dos resíduos após a geração até a etapa de transporte, assegurando em todos os casos em que seja possível as condições de reutilização e de reciclagem.		
Art. 9º IV – Transporte de acordo com as normas técnicas vigentes para o transporte de resíduos.		
Art. 10 I – Os resíduos Classe A são reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados a aterro de resíduos classe A de reservação de material para usos futuros.		
Art. 10 II – Os resíduos Classe B são reutilizados, reciclados ou encaminhados a áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura.		
Art. 10 III – Os resíduos Classe C são armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.		
Art. 10 IV – Os resíduos Classe D são armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas.		

APÊNDICE G
FORMULÁRIO 5 – IDENTIFICAÇÃO DAS MELHORIAS

NOME DO PROCESSO:		
ATIVIDADE:		
RESPONDENTE		
SITUAÇÃO ATUAL	DEFICIÊNCIAS	SITUAÇÃO DESEJADA
OBSERVAÇÕES:		