CONCEITO TECNOLÓGICO PARA A GESTÃO SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Prefeitura Municipal de Ubatuba
Secretário Municipal de Meio Ambiente
Juan Jose Blanco Prada

Coordenadora e Responsável Técnica:
Enga. Adva. Christiane Dias Pereira
CREASP- 150191



Contrato:
170/2015

Novembro de 2015

Sumário

SUMÁRIO PARTE 1 2

LISTA DE FIGURAS 11

LISTA DE TABELAS 15

1 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE UBATUBA 22

1.1 DADOS GERAIS DO MUNICÍPIO 22

1.1.1 LOCALIZAÇÃO E ACESSOS 22

1.1.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO MUNICÍPIO 23

1.1.3 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO 28

1.1.4 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TERRITÓRIO MARINHO DO MUNICÍPIO DE UBATUBA 29

2 INDICADORES 33

2.1 DADOS SOCIOECONÔMICOS 33

2.1.1 POPULAÇÃO 33

2.1.2 EDUCAÇÃO 34

2.1.3 IDH – ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO 35

2.1.4 IPRS – ÍNDICE PAULISTA DE RESPONSABILIDADE SOCIAL 36

2.2 SAÚDE 36

2.3 ECONOMIA 39

2.3.1 EMPREGOS 40

2.3.2 PRODUTO INTERNO BRUTO E RENDA PER CAPITA 40

2.3.3 ATIVIDADES DO SETOR PRIMÁRIO 41

2.3.4 ECONOMIA PESQUEIRA 42

3 SITUAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS GERADOS 43

3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS MARINHOS – RSM 43

3.1.1 POLUIÇÃO MARINHA 43
3.1.2 FONTES POLUIÇÃO MARINHA 43
3.1.3 ATIVIDADES PORTUÁRIAS 44
3.1.4 POLUIÇÃO DIFUSA 45
3.1.5 ATIVIDADE PESQUEIRA E COMÉRCIO 46
3.1.6 RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES - RSD 48
3.1.7 FROTA 49
3.1.8 SETORES ATENDIDOS PELA COLETA E FREQUÊNCIA SEMANAL 52
3.1.9 CENTRAL DE TRIAGEM 53
3.1.10 TRANSBORDO, TRANSPORTE E DESTINAÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS 56
3.2 RESÍDUOS SÓLIDOS DE LIMPEZA PÚBLICA – RLP 58
3.2.1 LIMPEZA PÚBLICA 59
3.3 RESÍDUOS DE CEMITÉRIO 63
3.4 RESÍDUOS INDUSTRIAIS E DE SANEAMENTO 64
3.5 RESÍDUOS DA ZONA RURAL E DAS ATIVIDADES AGROSSILVOPASTORIS 65
3.6 RESÍDUOS PNEUMÁTICOS 65
3.7 RESÍDUOS SÓLIDOS PERIGOSOS E ELETRÔNICOS 66
3.8 RESÍDUOS DO SERVIÇO DE SAÚDE – RSS 67
3.9 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL – RCC 68
4 IDENTIFICAÇÃO DOS PROBLEMAS ORIUNDOS DA INADEQUAÇÃO NO MANEJO OU DEFICIÊNCIA DA GESTÃO OU SISTEMA ATUAL SEGUNDO O PMGIRS 71
5 DETERMINAÇÃO DO PERÍODO DE PROJETO 75
6 TAXAS DE CONTRIBUIÇÕES 76
6.1 VALOR DA TAXA DE LIMPEZA PÚBLICA E SUA BASE DE CÁLCULO E VALOR PLANEJADO E ARRECADADO . 76
6.2 HISTÓRICO DE INADIMPLÊNCIA EM 3 ANOS 76

6.3 QUANTIDADE DE IMÓVEIS 77

6.4 QUANTIDADE DE CONDOMÍNIOS (HORIZONTAIS E VERTICAIS) 77

6.5 DESCRITIVO DE DESPESAS COM LIMPEZA URBANA TERCEIRIZADA 77

7 PROJEÇÃO DEMOGRÁFICA E DE DEMANDAS 78

7.1 PROJEÇÃO DEMOGRÁFICA 78

7.2 PROJEÇÃO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS 79

7.2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES 79

8 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES DE UBATUBA 81

8.1 METODOLOGIA 81

8.1.1 ESCOLHA DAS ROTAS 81

8.1.2 QUARTEAMENTO 85

8.1.3 GRANULOMETRIA 87

8.1.4 GRAVIMETRIA 89

8.1.5 ANALÍTICO 93

9 RESULTADOS DOS ANÁLISES 94

9.1 GRANULOMETRIA 94

9.2 GRAVIMETRIA 97

9.3 POTENCIAL DE COLETA SELETIVA E MATERIAIS RECICLÁVEIS 100

9.4 RESULTADOS ANALÍTICOS 105

9.4.1 ELEMENTOS QUÍMICOS 105

9.4.2 TEOR DE ÁGUA 105

9.4.3 PERDA POR IGNIÇÃO 106

9.5 CONCLUSÃO 107

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 110

SUMÁRIO - PARTE 2 ..... **113**

10 INTRODUÇÃO **116**

10.1 TRATAMENTO DOS RESÍDUOS SEGUNDO A ÓTICA DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL **119**

11 PRECEITOS LEGAIS **121**

11.1 LEGISLAÇÃO ESPECÍFICA **121**

11.1.1 POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS 121

11.1.2 LEI NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO 124

11.1.3 PLANO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS 125

11.1.4 PLANO ESTADUAL DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE SÃO PAULO 126

11.1.5 PLANO MUNICIPAL DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE UBATUBA 126

12 PANORAMA TECNOLÓGICO **128**

12.1 ASPECTOS GERAIS **128**

12.2 TECNOLOGIA DE BIODIGESTÃO – TRATAMENTO BIOLÓGICO ANAERÓBIO **130**

12.2.1 CLASSIFICAÇÃO DO PROCESSO DE BIODIGESTÃO 133

12.2.2 FERMENTAÇÃO ÚMIDA 136

12.2.3 FERMENTAÇÃO SECA CONTÍNUA E DESCONTÍNUA 137

12.2.4 GERAÇÃO DE BIOGÁS 138

12.2.5 BALANÇO HÍDRICO 139

12.3 TECNOLOGIA DE COMPOSTAGEM – TRATAMENTO BIOLÓGICO AERÓBIO **142**

12.3.1 TECNOLOGIAS DE COMPOSTAGEM 144

12.3.2 SISTEMAS EXTENSIVOS 145

12.3.3 COMPOSTAGEM EM LEIRAS TRIANGULARES SEM AERAÇÃO FORÇADA 146

12.3.4 COMPOSTAGEM EM LEIRAS TRAPEZOIDAIS COM AERAÇÃO PASSIVA 147

12.3.5 SISTEMAS INTENSIVOS 148

12.3.6 COMPOSTAGEM EM LEIRAS TRIANGULARES COM AERAÇÃO FORÇADA 149
12.3.7 SISTEMA DE COMPOSTAGEM EM TÚNEL 151
12.3.8 COMPOSTAGEM EM LEIRA TABULAR 152
12.3.9 COMPOSTAGEM EM LEIRA TRAPEZOIDAL 154
12.4 TECNOLOGIAS DE SECAGEM – TRATAMENTO BIOLÓGICO AERÓBIO 154
12.5 TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS 156
12.5.1 PIRÓLISE 157
12.5.1.1 OBJETIVO E CARACTERÍSTICAS BÁSICAS 157
12.5.1.2 AVALIAÇÃO DA TECNOLOGIA 158
12.5.1.3 PIRÓLISE COMO PARTE DE INCINERAÇÃO POR SISTEMA DE FUSÃO 158
12.5.1.4 PIRÓLISE STAND-ALONE 159
12.5.1.5 PIRÓLISE COMO PROCESSO PRÉVIO 160
12.5.2 GASEIFICAÇÃO 160
12.5.2.1 OBJETIVO E CARACTERÍSTICAS BÁSICAS 160
12.5.2.2 AVALIAÇÃO DA TECNOLOGIA 162
12.5.3 PLASMA 164
12.5.3.1 OBJETIVO E CARACTERÍSTICAS BÁSICAS 164
12.5.3.2 PIRÓLISE DE PLASMA 165
12.5.3.3 GASEIFICAÇÃO DE PLASMA 166
12.5.3.4 AVALIAÇÃO DA TECNOLOGIA 167
12.5.4 CARBONIZAÇÃO HIDROTÉRMICA (HTC) 167
12.5.4.1 OBJETIVO E CARACTERÍSTICAS BÁSICAS 167
12.5.4.2 AVALIAÇÃO DE TÉCNICA 169
12.5.5 DESPOLIMERIZAÇÃO CATALÍTICA EM BAIXA PRESSÃO (KDV) 169

12.5.5.1 OBJETIVO E CARACTERÍSTICAS 169

12.5.5.2 AVALIAÇÃO DA TÉCNICA 174

13 REFERÊNCIAS DE PLANTAS DE TRATAMENTO 175

13.1 NA EUROPA 175

13.2 NA ALEMANHA 175

13.2.1 EXEMPLOS DE PLANTAS DE TRATAMENTO MECÂNICO-BIOLÓGICO 179

13.3 NO BRASIL 182

14 MATRIZ DE IMPACTO TECNOLÓGICO 185

14.1 AVALIAÇÃO DE ROTA TECNOLÓGICA PARA A GESTÃO SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES 192

15 CONCLUSÃO 195

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 197

SUMÁRIO - PARTE 3 201

16 INTRODUÇÃO 204

17 JUSTIFICATIVAS 205

18 POTENCIALIDADE TECNOLÓGICA DOS RESÍDUOS 206

18.1 ANÁLISE DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE CDR 206

18.1.1 INTRODUÇÃO 206

18.1.2 ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA 206

18.1.2.1 POTENCIALIDADE GRAVIMÉTRICA E GRANULOMÉTRICA 207

18.1.2.2 POTENCIALIDADE ANALÍTICA 211

18.1.2.3 UMIDADE 213

18.1.2.4 METAIS PESADOS 214

18.1.3 CONCLUSÃO SOBRE O POTENCIAL DE CDR 215

18.2 ANÁLISE DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE COMPOSTO 216

18.2.1 INTRODUÇÃO 216

18.2.2 ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA 217

18.2.2.1 POTENCIALIDADE GRAVIMÉTRICA E GRANULOMÉTRICA 217

18.2.2.2 UMIDADE 219

18.2.2.3 PERDA POR IGNIÇÃO 220

18.2.2.4 METAIS PESADOS 221

18.2.3 CONCLUSÃO SOBRE O POTENCIAL DE COMPOSTO 223

18.3 ANÁLISE DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE RECICLÁVEIS 224

18.3.1 INTRODUÇÃO 224

18.3.2 ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA 226

18.3.3 CONCLUSÃO SOBRE O POTENCIAL DE RECICLÁVEIS 228

18.4 ANÁLISE DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE BIOGÁS 229

18.4.1 INTRODUÇÃO 229

18.4.2 ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA 230

18.5 ANÁLISE DO POTENCIAL DE ESTABILIZAÇÃO 232

18.5.1 INTRODUÇÃO 232

18.5.2 ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA 233

19 DIRETRIZES TÉCNICAS PARA O DIMENSIONAMENTO 235

20 PROJETO CONCEITUAL 237

20.1 DESCRITO TECNOLÓGICO 239

20.1.1 PÁTIO DE DESCARREGAMENTO 239

20.1.2 TRATAMENTO MECÂNICO 240

20.1.3 BIODIGESTÃO 241

20.1.4 ESTABILIZAÇÃO AERÓBIA 241

20.2 BALANÇO DE MASSA 244

20.2.1 FASE 01 – TMB AERÓBIO (TÚNEIS) 244

20.2.2 FASE 02 – TMB ANAERÓBIO E AERÓBIO (TÚNEIS) 245

21 ANÁLISE ECONÔMICA 246

21.1 FASE 01 – TMB AERÓBIO (TÚNEIS) – 80.000 T/A 246

21.2 FASE 02 – TMB ANAERÓBIO E AERÓBIO (TÚNEIS) 247

22 INDICADORES DE PERFORMANCE 250

23 ANÁLISE DE MERCADO PARA SUBPRODUTOS 252

24 INTERVENÇÕES SUSTENTÁVEIS 254

24.1 CAPACITAÇÃO PÚBLICO INTERNO 254

24.2 CAPACITAÇÃO PÚBLICO EXTERNO 254

24.3 FORMAÇÃO DE PARCERIAS 255

25 CONTRIBUIÇÃO PARA A PROTEÇÃO AMBIENTAL E PRESERVAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS 256

25.1 CONTRIBUIÇÃO PARA A PROTEÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS 256

25.2 CONTRIBUIÇÃO PARA A PROTEÇÃO DO CLIMA 257

25.3 CONTRIBUIÇÃO PARA AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS 258

26 PROJETO DE VALORIZAÇÃO DE CURTO PRAZO 259

26.1 IMPLANTAÇÃO DE ECOPONTOS 260

26.2 OTIMIZAÇÃO DE TRIAGEM DE RECICLÁVEIS ORIUNDOS DA COLETA SELETIVA 267

26.3 COMPOSTAGEM DE VERDES, DE RESÍDUOS DA PESCA, DE RESÍDUOS DE FEIRAS E DE COCOS 271

26.4 RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL 275

27 CONCLUSÕES 278

ANEXO 1 – LICENÇA PRÉVIA E DE INSTALAÇÃO DA RECICLAGEM DE CONSTRUÇÃO CIVIL E DA COMPOSTAGEM 280

ANEXO 2 – LICENÇA DE OPERAÇÃO DO TRANSBORDO 288

ANEXO 3 – CARACTERIZAÇÃO DOS SETORES DA COLETA TRADICIONAL 297

Lista de figuras

Figura 1-1 - Mapa rodoviário de São Paulo – Litoral e região metropolitana 22

Figura 1-2 – Mapa das Bacias Hidrográficos do Litoral Norte de São Paulo 24

Figura 1-3 – Divisão das Bacias Hidrográficas de Ubatuba 25

Figura 1-4 - Representação das entradas e saídas de água ao longo do ano 27

Figura 1-5 - Unidades de Conservação de Ubatuba 29

Figura 3-1 - Colônia Z10 – Panorâmica do local e das caçambas estacionárias 46

Figura 3-2 - Colônia Z10 – infraestrutura de acondicionamento 47

Figura 3-3 - Colônia Z10 e peixarias – resíduos de peixe e de limpeza pública despejados nas ruas 48

Figura 3-4 – Quantidade de resíduos domiciliares coletados em Ubatuba 2013-2015 51

Figura 3-5 - Coleta de resíduos (RSD) realizada em Ubatuba 53

Figura 3-6 - Unidade de Triagem de Ubatuba – Fardos de reciclagem e prensas 54

Figura 3-7 - Empresa Reciclagem Central – pátio de triagem 55

Figura 3-8 - Empresa Reciclagem Central – pátio da prensa e acondicionamento 55

Figura 3-9 - Vista aérea da unidade de transbordo municipal 56

Figura 3-10 - Localização da UTGR em relação à Rod. dos Tamoios 57

Figura 3-11 - Vista aérea da UTGR Jambeiro 57

Figura 3-12 - Exemplo de área utilizada como "bota-fora" irregular 60

Figura 3-13 - EMDURB – Destinação da poda verde e triturador de galhos 61

Figura 3-14 - Foto da Unidade de Transbordo de Ubatuba – Destinação dos resíduos pneumáticos 66

Figura 3-15 - Caminhão que realiza a coleta de RSS 67

Figura 3-16 – Quantidade de RSS por mês 68

Figura 7-1 – Projeção de população e geração mensal de RSD 79

Figura 7-2 – Projeção da geração de RSD 79

Figura 8-1 – Ordem de execução da análise de RSD 81

Figura 8-2 – Quarteamento dos RSD 86

Figura 8-3 - Separação e alimentação de contêineres depois do quarteamento 87

Figura 8-4 – Classificação granulométrica 88

Figura 8-5 – Peneiras vibratórias 88

Figura 8-6 – Peneiramento e identificação das sacolas por classe granulométrica 89

Figura 8-7 – Mesa de triagem 92

Figura 8-8 – Amostras preparadas por análises laboratoriais 93

Figura 9-1 – Caracterização por Granulometria e Rota 95

Figura 9-2 – Curva do peneiramento por classes granulométricas 96

Figura 9-3 – Curva granulométrica 96

Figura 9-4 – Caracterização granulométrica 97

Figura 9-5 – Caracterização gravimétrica 98

Figura 9-6 – Caracterização por gravimetria e rota 99

Figura 9-7 – Resultados de potencial de reciclagem 101

Figura 9-8 – Recicláveis na massa da coleta tradicional 102

Figura 9-9 – Caracterização gravimétrica da coleta seletiva 103

Figura 9-10 – Resíduo de ignição e perda por ignição 107

Figura 9-11 – Incremento da quantidade de RSD entre baixa e alta temporada 109

Figura 10-1 - Hierarquia do gerenciamento dos resíduos firmada nas diretrizes da UE e na lei de circulação da economia na Alemanha (2012) 118

Figura 12-1 - Rotas tecnológicas de conversão energética de biomassa 129

Figura 12-2 - Desenvolvimento de tecnologias de fermentação secas e úmidas na Europa ... 133

Figura 12-3 - Parâmetros para escolha do processo de biodigestão 134

Figura 12-4 - Níveis de biogás produzidos pelos diferentes tipos de Fermentação 135

Figura 12-5 - Esquema de um biodigestor de mistura integral para fermentação úmida de forma contínua 136

Figura 12-6 - Balanço energético no processo termofílico para fermentação úmida, seca contínua e fermentação seca descontínua 138

Figura 12-7 - Porcentagem de emissões líquidas com base na quantidade de material encaminhado para o tratamento 140

Figura 12-8 - Variação do nível de temperatura na leira durante o processo de compostagem 143

Figura 12-9 - Leira de compostagem, sendo montada e revirada por pá-carregadeira 146

Figura 12-10 - Revolvimento de leira triangular 147

Figura 12-11 - Sistema de aeração passiva 148

Figura 12-12 – Leira de compostagem com aeração passiva 148

Figura 12-13 - Modelo didático de sistema de compostagem com aeração forçada e cobertura 150

Figura 12-14 - Sistema em leiras envelopadas com aeração forçada 150

Figura 12-15 - Perfil do túnel de compostagem intensiva 151

Figura 12-16 - Túnel de compostagem intensiva 152

Figura 12-17 - Perfil da leira de compostagem tabular 153

Figura 12-18 - Compostagem em leira plana e revolvível 153

Figura 12-19 - Esquema geral da carbonização hidrotérmica básica 168

Figura 12-20 - Produtos oriundos da conversão pela pirólise, gaseificação e combustão 170

Figura 13-1 – Plantas de TMB, EMB e EMF na Alemanha 177

Figura 13-2 - Fluxograma do tratamento mecânico-biológico com compostagem 180

Figura 13-3 - *Layout* do tratamento mecânico-biológico com compostagem 180

Figura 13-4 - Fluxograma do tratamento mecânico-biológico com biodigestão anaeróbia e compostagem 181

Figura 13-5 - *Layout* do tratamento mecânico-biológico com biodigestão anaeróbia e compostagem 181

Figura 18-1 – Gravimetria global 'reagrupada' 208

Figura 18-2 – Caracterização por rota 'reagrupada' CDR 209

Figura 18-3 – Caracterização por classe granulométrica 'reagrupada' CDR 210

Figura 18-4 – Peneira teórica por grupo CDR 211

Figura 18-5 – Umidade nas frações granulométricas 213

Figura 18-6 – Metais pesados na fração < 80 mm 214

Figura 18-7 – Metais pesados na fração < 40 mm 215

Figura 18-8 – Caracterização granulométrica por rota 218

Figura 18-9 – Caracterização por Granulometria 219

Figura 18-10 – Umidade nas frações granulométricas 220

Figura 18-11 – A definição de matéria seca no laboratório 220

Figura 18-12 – Perda por ignição 221

Figura 18-13 – Metais pesados na fração < 80 mm 222

Figura 18-14 – Metais pesados na fração < 40 mm 223

Figura 18-15 - Geral processo de geração de biogás 230

Figura 18-16 - Tecnologias e processos anaeróbios – biodigestão 230

Figura 18-17 – Resultados de valores pH das amostras no começo e no fim das análises 231

Figura 18-18 – Resultados laboratoriais de GB_{21} 232

Figura 18-19 – Resultados laboratoriais de AT_4 234

Figura 18-20 – Resultados de GB_{21} em comparação com o limite para aterramento 234

Figura 20-1 – Fluxograma de planejamento de TMB em Ubatuba 238

Figura 20-2 – Túneis e Contêineres para aerobização 242

Figura 20-3 – Fases do processo 243

Figura 20-4 – Balanço de Massa – Cenário 01 244

Figura 20-5 – Balanço de Massa – Cenário 02 245

Figura 21-1 – Comparação dos cenários - Investimentos 248
Figura 21-2 - Comparação dos cenários – Áreas 248
Figura 21-3 - Comparação dos cenários – Geração de subprodutos 249
Figura 26-1 – Previsto de geração de resíduos e marcos legais 259
Figura 26-2 – Área de ECOPONTO – 500 m² (1:100) 262
Figura 26-3 – Área de ECOPONTO – 250 m² (1:100) 263
Figura 26-4 - Área de ECOPONTO – 150,00 m² (1:100) 264
Figura 26-5 - Área de ECOPONTO – 225,00 m² (1:100) 265
Figura 26-6 – Visão geral da unidade compacta de separação de resíduos recicláveis 268
Figura 26-7 - Seções transversais – Unidade de separação de recicláveis 269
Figura 26-8 – Fluxograma resumido do encaminhamento do processo de separação 270
Figura 26-9 – Tecnologia de compostagem - Contêiner 275

Lista de tabelas

Tabela 1-1 - Sub-bacias Hidrográficas do Município de Ubatuba 25
Tabela 1-2 - Temperatura e precipitação 26
Tabela 1-3 - Unidades de Conservação (UC) – Ubatuba 28
Tabela 1-4 - Principais leis regulamentadoras das navegações e do meio aquático ... 30
Tabela 1-5 - Principais atos, acordos e tratados internacionais assinados pelo Brasil 32
Tabela 2-1 - População estimada 33
Tabela 2-2 - Evolução populacional 33
Tabela 2-3 - Taxa Geométrica de Crescimento Anual da População – 2010/2015 34
Tabela 2-4 - Domicílios Recenseados – Ubatuba 34
Tabela 2-5 - Dados Educação 34

Tabela 2-6 - Evolução do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM 35

Tabela 2-7 - Evolução do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal e Estadual – IDHM 35

Tabela 2-8 - Evolução do Índice Paulista de Responsabilidade Social – IPRS 36

Tabela 2-9 - Estatísticas vitais e saúde 37

Tabela 2-10 - Infecções Relacionadas com a Água 37

Tabela 2-11 - Doenças de veiculação hídrica - Ubatuba, SP 38

Tabela 2-12 - Morbidade Hospitalar do SUS em Ubatuba 39

Tabela 2-13 - Pessoas infectadas com dengue 39

Tabela 2-14 - Empregos Formais, por Setores de Atividade Econômica 40

Tabela 2-15 - Produto Interno Bruto e Produto Interno Bruto per Capita 40

Tabela 2-16 - Renda per Capita 41

Tabela 2-17 - Unidades de produção agrícola – Ubatuba 41

Tabela 2-18 - Produção agrícola – culturas 41

Tabela 2-19 - Relação de Produtos e Rendas do Município – Estatística pesqueira 42

Tabela 3-1 - Estimativa da geração de resíduos de pesca (kg/dia) 47

Tabela 3-2 – Dados da coleta 48

Tabela 3-3 - Frota 49

Tabela 3-4 – Quantidade de resíduos coletados por mês entre 2013-2015 50

Tabela 3-5 – Quantidade dos RSU no aterro (em toneladas) 51

Tabela 3-6 - Dados da coleta 52

Tabela 3-7 – Preços por materiais recicláveis 54

Tabela 3-8 - Serviços de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos 58

Tabela 3-9 – Tipos de adubo e seus preços 61

Tabela 3-10 - Quantidade de resíduos coletados 62

Tabela 3-11 - Equipamentos 62

Tabela 3-12 - Quantidade de lodos de ETE e valores de transporte, processamento e local de processamento 64

Tabela 3-13 – Funcionários nos processamentos de RCC e equipamento utilizados 69

Tabela 3-14 – Empresa caçambeira 69

Tabela 6-1 – Cobrança efetuada 76

Tabela 6-2 – Valores orçado e arrecadado 76

Tabela 6-3 – Taxa de limpeza pública 76

Tabela 6-4 – Quantidade de condomínios 77

Tabela 6-5 – Despesas com limpeza urbana terceirizada 77

Tabela 7-1 - Projeção de População fixa 78

Tabela 7-2 - Projeção de População fixa e flutuante 78

Tabela 7-3 - Projeção da produção máxima de Resíduos Sólidos Domiciliares 80

Tabela 8-1 – Macro características das rotas abordadas 82

Tabela 8-2 – Datas, Bairros e micro características 83

Tabela 8-3 – Representatividade por rota 83

Tabela 8-4 – Representatividade por caminhão 84

Tabela 8-5 – Características das rotas da coleta seletiva 85

Tabela 8-6 – Massa coletada na coleta seletiva 85

Tabela 8-7 – Classes de materiais oriundos da coleta tradicional 90

Tabela 8-8 – Detalhamento das frações recicláveis 91

Tabela 9-1 – Distribuição das classes granulométricas e valores cumulativos 96

Tabela 9-2 - Materiais separados pelas classes gravimétricas 104

Tabela 9-3 – Resultados analíticos 105

Tabela 9-4 - Determinação da quantidade de água e resíduo seco 106

Tabela 11-1 – Redução de percentual de resíduos secos..... 125

Tabela 11-2 - Redução de percentual de resíduos úmidos..... 125

Tabela 12-1 - Período de operação de plantas de fermentação para resíduos orgânicos e verdes, ... 132

Tabela 12-2 - Vantagens e desvantagens: Fermentação Seca x Fermentação Úmida 140

Tabela 12-3 - Dados Comparativos: fermentação seca contínua x descontínua (por batelada) 141

Tabela 12-4 - Sistematização das tecnologias aeróbia 145

Tabela 12-5 - Parâmetros para a categorização dos processos alternativos térmicos e termoquímicos..... 156

Tabela 12-6 - Comportamento de vários polímeros artificiais em diferentes temperaturas 171

Tabela 13-1 - Status quo relativo às instalações de tratamento para resíduos orgânicos e verdes (Base 2012) assim como as instalações de tratamento mecânico-biológico de resíduos domiciliares (Base 2011), todas as instalações situadas na Alemanha 178

Tabela 13-2 – Plantas em planejamento..... 182

Tabela 13-3 – Plantas contratadas entre 2010 e 2014 183

Tabela 13-4 - A Alternativas tecnológicas para tratamento de RSU- licenciadas e em licenciamento no Estado de São Paulo..... 183

Tabela 14-1 – Classificação do grau de magnitude para a matriz de impacto tecnológico 187

Tabela 14-2 – Classificação da Avaliação para a matriz de impacto tecnológico..... 187

Tabela 14-3 - Formação da matriz de impactos tecnológicos – Fermentação úmida 188

Tabela 14-4 – Formação da matriz de impactos tecnológicos – Fermentação seca contínua 189

Tabela 14-5 – Formação da matriz de impactos tecnológicos – Fermentação seca descontínua 190

Tabela 14-6 - Formação da matriz de impactos tecnológicos – Compostagem 191

Tabela 14-7 - Formação da matriz de impactos tecnológicos – Reciclagem 192

Tabela 14-8 – Formatação da matriz de impactos tecnológicos compilação de resultados 193

Tabela 18-1 – Agrupamento das frações para avaliação do potencial de CDR 207

Tabela 18-2 – Especificações para recebimento e controle de CDR 212

Tabela 18-3 – Parâmetros analisados 213

Tabela 18-4 - Anexo III - Especificações dos Fertilizantes Orgânicos Mistos e Compostos 216

Tabela 18-5 - Anexo V - Limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânico 217

Tabela 18-6 – Lista de metais pesados analisados 221

Tabela 18-7- Estimativa de rendimento por quantidade de recicláveis em material misto, base alta automatização 226

Tabela 18-8 - Estimativa de rendimento por quantidade de recicláveis em material misto, base baixa automatização 227

Tabela 18-9 - Estimativa de rendimento por quantidade de recicláveis da coleta seletiva, base baixa automatização 228

Tabela 18-10 - Rendimento de gás dependendo da composição de substrato 229

Tabela 18-11 - Qualidade de biogás dependendo da composição de substrato 231

Tabela 18-12 – Limites de AT_4 e GB_{21} no material destinado a aterro 233

Tabela 19-1 - Formatação da matriz de impactos tecnológicos compilação de resultados 235

Tabela 20-1 – Descritivo de áreas 237

Tabela 21-1 – Balanço Econômico – Cenário 01 246

Tabela 21-2 – Balanço Econômico – Cenário 02 – implementação total 247

Tabela 24-1 - Levantamento atual do mercado no litoral norte de São Paulo 255

Tabela 25-1 - Linhas de base dos aterros tradicionais e do aterro de rejeitos com as respectivas emissões em carbono equivalente 257

Tabela 25-2 - Balanço da redução total em t CO2eq devido ao aterramento de menores massas e recuperação energética e de materiais 258

Tabela 26-1 – Orçamento para de implantação do ECOPONTO modelo 2 (Figura 26-2) 266

Tabela 26-2 – Orçamento para implantação e operação do ECOPONTO modelo 2 (Figura 26-2) – base 60 meses 267

Tabela 26-3 – Orçamento para implantação da unidade de separação de recicláveis 271

Tabela 26-4 – Potencialidade de geração de resíduos específicos 272

Tabela 26-5 - Orçamento para a implantação da compostagem 273

Tabela 26-6 – Orçamento estimativa com operação e manutenção de planta de compostagem 274

Tabela 26-7 – Orçamento para a implantação da reciclagem de RCC 276

Tabela 26-8 – Orçamento estimativo com operação e manutenção de planta de reciclagem de RCC 277

PARTE 1

DIAGNÓSTICO DA GESTÃO MUNICIPAL DE RSU





1 Caracterização do município de Ubatuba

1.1 Dados gerais do município

1.1.1 Localização e acessos

O Município de Ubatuba, situada no litoral norte do estado de São Paulo, limita-se ao norte com o Município de Cunha, a noroeste com São Luís do Paraitinga e Natividade da Serra, a sudoeste com Caraguatatuba, a sul e leste com o Oceano Atlântico e a nordeste com Parati, no Rio de Janeiro. O centro da cidade encontra-se nas coordenadas geográficas 23º 26' 15" S e 45º 03' 45" O.

Da capital do estado, São Paulo, são aproximadamente 250 km. O acesso se dá pela Rodovia Rio-Santos (BR-101) ou pelas Rodovias Governador Carvalho Pinto (SP-70) e Presidente Dutra (BR-116), que se ligam à Rodovia dos Tamoios (SP-99) e a Rodovia Oswaldo Cruz (SP-125), que possibilitam o acesso direto ao município de Ubatuba (Figura 1-1).

Figura 1-1 - Mapa rodoviário de São Paulo – Litoral e região metropolitana



Fonte: www.igc.sp.gov.br, 2015.

1.1.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DO MUNICÍPIO

A caracterização física de Ubatuba foi feita com base na publicação Geossistemas e Geossistemas Paulistas (Troppmair 2000). A hidrografia é descrita com base em informações do Grupo Executivo Local (GEL) e do Comitê de Bacias Hidrográficas do Litoral Norte.

Relevo

Formado por baixadas litorâneas de sedimentação marinha e continental, o relevo de Ubatuba é interrompido, diversas vezes, pelas escarpas cristalinas festonadas e escarpas com espigões digitados da Serra do Mar, que dão origem a baías e praias isoladas.

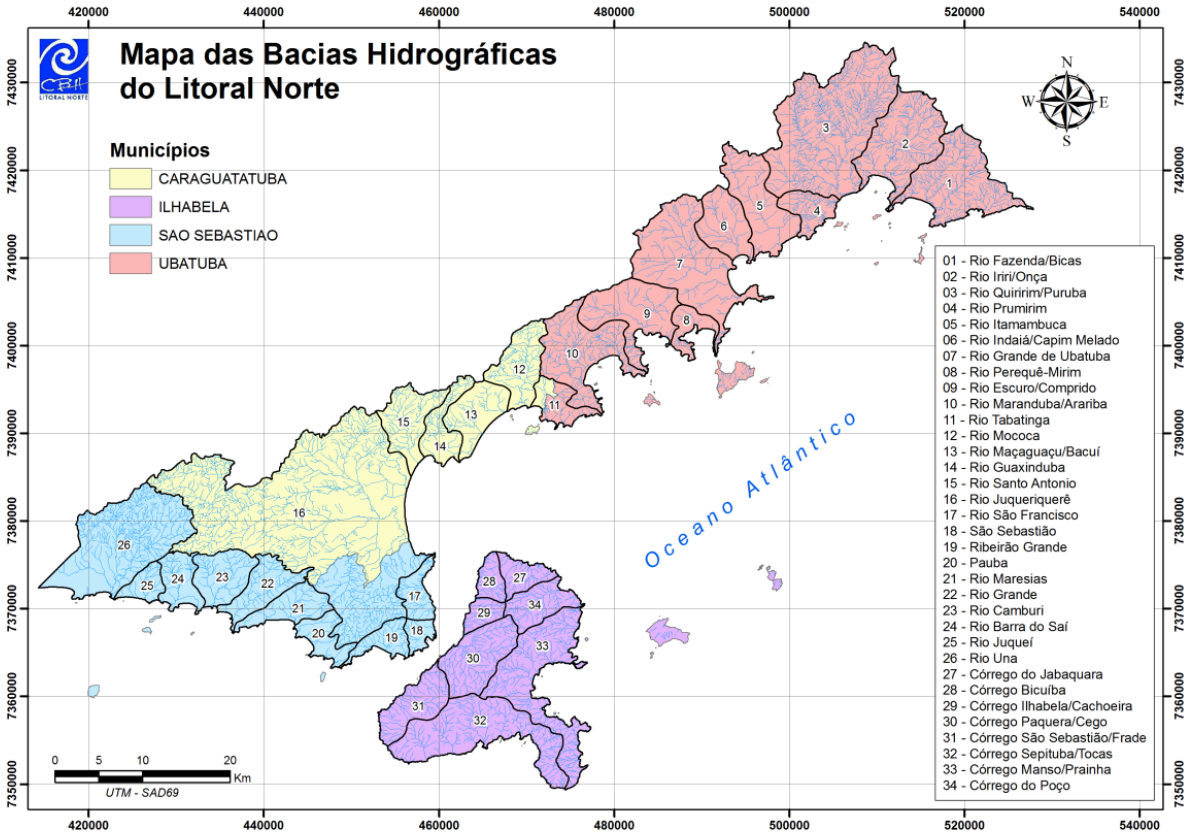
Solos e Geologia

Os sedimentos continentais, provindos das encostas da Serra do Mar e os marinhos, constituem o material de origem dos solos: Podzólico Hidromorfo e Hidromorfo Podzólico Vermelho-Amarelo intergrade Latossolo Vermelho-Amarelo. Em ambos, a textura acusa concentração de areia superior a 85 %, o que explica a rápida infiltração, percolação e lixiviação de bases solúveis originando elevada acidez, com pH variando entre 3,8 e 4,8. Portanto, o potencial produtivo dos solos é extremamente baixo. Em relação à geologia, Ubatuba está situada sobre rochas gnáissicas de origem magmática e/ou sedimentar de médio grau metamórfico e rochas graníticas desenvolvidas durante o tectonismo.

Hidrografia / Sub-Bacias

O gerenciamento estadual dos recursos hídricos estabeleceu que Ubatuba está inserida na UGRHI 3 e que foi dividida em 34 sub-bacias, tendo em vista os principais corpos d'água da região (Figura 1-2). Uma bacia hidrográfica ou bacia de drenagem de um curso de água é o conjunto de terras que fazem a drenagem da água das precipitações para esse curso de água e seus afluentes. A formação da bacia hidrográfica dá-se através dos desníveis dos terrenos que orientam os cursos da água, sempre das áreas mais altas para as mais baixas.

Figura 1-2 – Mapa das Bacias Hidrográficos do Litoral Norte de São Paulo



Fonte: CBH-LN, 2015.

Todas as ações promovidas pelos agentes de intemperismos físico-químicos e tudo o que se refere a fluxo de massa e de energia, que concernem a uma bacia hidrográfica, possuem os rios como receptores.

Em outras palavras, os rios refletem toda uma dinâmica hidro-geomorfológica, isto é, a interação entre eventos climáticos, agentes modeladores de terreno e ocupação antrópica por exemplo.

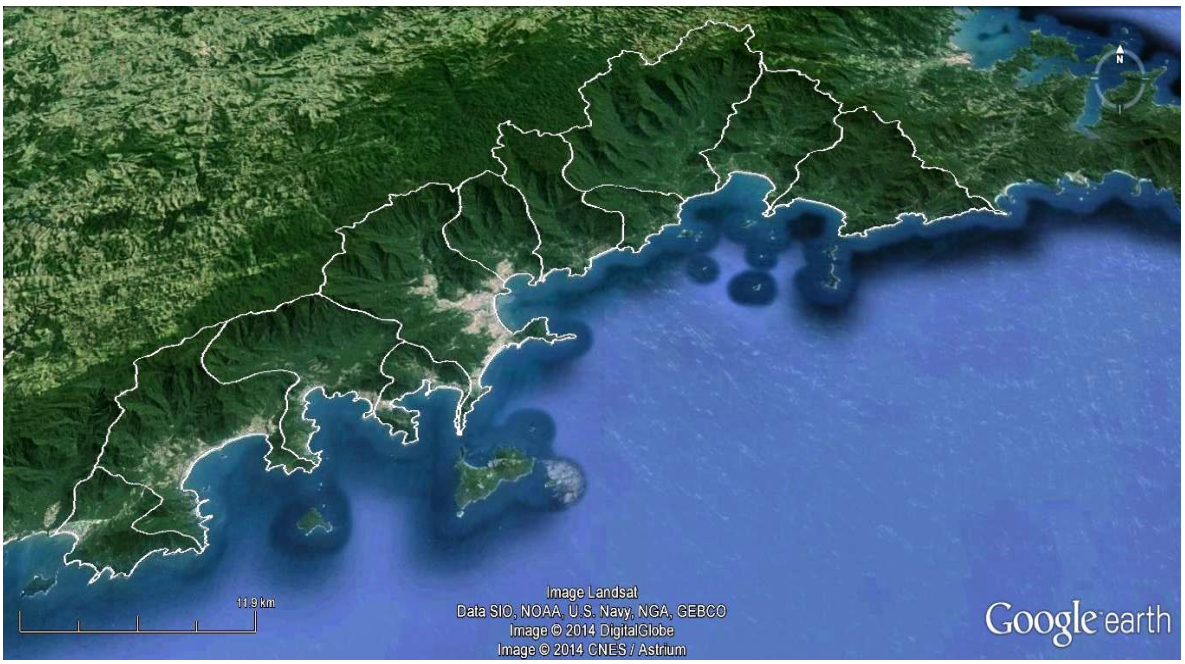
Ampliando a escala das informações fornecidas pelo CBH-LN, Ubatuba tem 11 sub-bacias, sendo uma delas dividida com o município de Caraguatatuba (Figura 1-3). A seguir seguem a localização, distribuição e a área ocupada por cada sub-bacia (Tabela 1-1).

Tabela 1-1 - Sub-bacias Hidrográficas do Município de Ubatuba

N°	Sub-bacia	Área (km²)	Município
1	Rio Fazenda / Bicas	80,1	Ubatuba
2	Rio Iriri / Onça	74,4	Ubatuba
3	Rio Quiririm / Puruba	166,7	Ubatuba
4	Rio Prumirim	21,0	Ubatuba
5	Rio Itamambuca	56,4	Ubatuba
6	Rio Indaiá / Capim Melado	37,6	Ubatuba
7	Rio Grande de Ubatuba	103,0	Ubatuba
8	Rio Perequê-Mirim	16,5	Ubatuba
9	Rio Escuro / Comprido	61,5	Ubatuba
10	Rio Maranduba / Araribá	67,7	Ubatuba
11	Rio Tabatinga	23,7	Ubatuba / Caraguatatuba

Fonte: CBH-LN, 2015.

Figura 1-3 – Divisão das Bacias Hidrográficas de Ubatuba



Fonte: CBH-LN, 2015.

Vegetação

A vegetação é formada por Floresta Ombrófila Densa - Bioma Mata Tropical Atlântica, nas encostas dos morros isolados e espigões, bem como por restinga, na

baixada litorânea. Toda formação vegetal do município tem sido severamente atacada pelo desmatamento desde a época da colonização, mas possui grandes áreas preservadas por parques e tombamentos, de grande riqueza vegetal e animal.

Clima

O clima de Ubatuba é o tropical litorâneo úmido ou tropical atlântico, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano, sem estação seca e com mês mais frio, possuindo temperatura média acima de dezoito graus centígrados. A cidade tem um clima chuvoso, com precipitação média anual de 2 600 milímetros, o que é refletido pelo apelido Ubachuva, que a cidade recebe. O mês mais quente é fevereiro, com temperatura média de 25,2 °C; o mais frio é julho, com temperatura média de 17,7 °C.

A classificação climática de Köeppen, que é um modelo global de classificação de climas, para Ubatuba é Af. Esta classificação representa que na região não há estação seca, como já apresentado e com a precipitação média do mês mais seco superior a 60mm. Isso implica em um aumento na frequência de eventos climáticos extremos, como chuvas torrenciais de alta intensidade e uma elevada amplitude térmica.

Segundo dados do Centro Integrado de Informações Agro-meteorológicas – CIIAGRO, referentes ao período de 2014 a 2015, a temperatura mínima absoluta registrada em Ubatuba foi de 7,9 °C em agosto de 2014, e a maior atingiu 36,1 °C em março de 2014. O maior índice de precipitação registrado nesse período foi de 425,8 mm em março de 2015 (Tabela 1-2).

Tabela 1-2 - Temperatura e precipitação

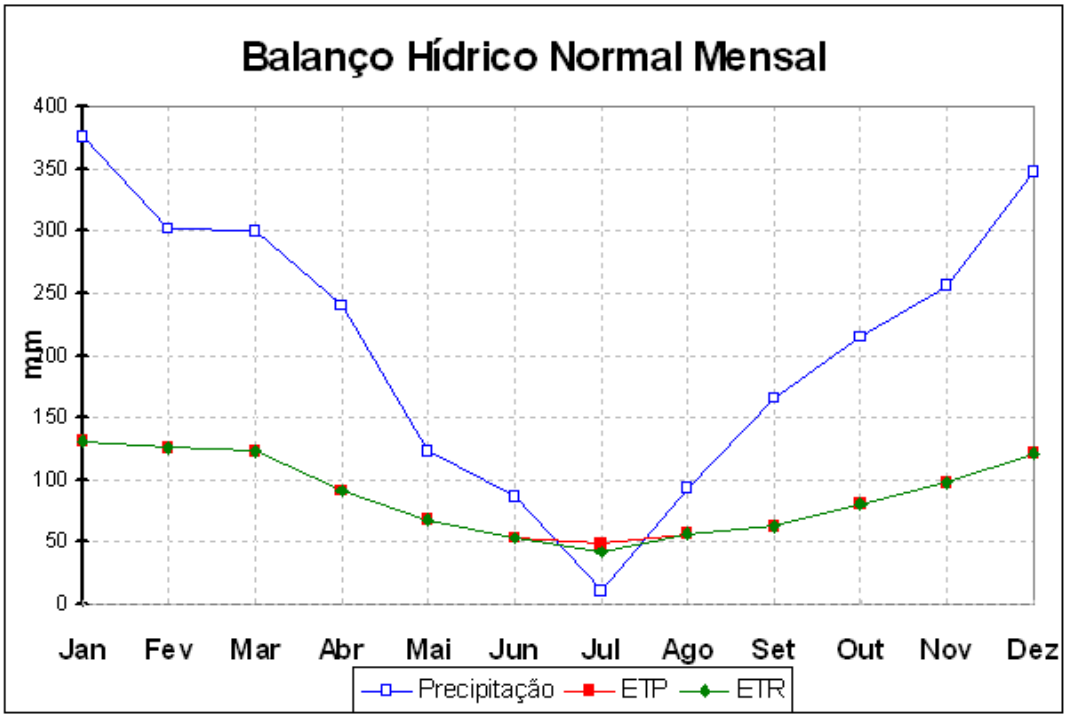
Ubatuba no período de 01/08/2014 até 01/08/2015							
Período (Mês)	Temp. Máxima Absoluta	Temp. Mínima Absoluta	Temp. Máxima Mensal	Temp. Mínima Mensal	Temp. Média	ETP*	Precipitação
	(°C)					(mm)	
Agosto	35,8	7,9	25,6	12,8	19,2	66	112,7
Setembro	33,2	11,4	26,6	15,1	20,8	85	119
Outubro	33,7	11,9	26,8	16,8	21,8	105	93,4
Novembro	31,4	14,9	27,9	19,2	23,6	125	145,4
Dezembro	36,1	14,4	30,2	19,9	25	148	107,3
Janeiro	39	17,6	33,3	21,3	27,3	174	105
Fevereiro	35,3	18,1	31	20,9	26	135	275
Março	32,8	17,4	29,4	20,1	24,7	122	425,8
Abril	32,1	16,3	28	18,6	23,3	84	191,8
Maio	31	12,7	26,1	15,6	20,9	65	132
Junho	34,2	10,6	25,7	14,1	19,9	53	206,8

Ubatuba no período de 01/08/2014 até 01/08/2015							
Período (Mês)	Temp. Máxima Absoluta	Temp. Mínima Absoluta	Temp. Máxima Mensal	Temp. Mínima Mensal	Temp. Média	ETP*	Precipitação
	(°C)					(mm)	
Julho	31	11,2	25,9	14,4	20,2	59	42,4
Agosto	32,6	11,6	27,1	14,2	20,7	72	27,2
* ETP = Evapotranspiração							

Fonte: CIIAGRO ONLINE, 2015.

Os balanços hídricos representam matematicamente a quantidade de entrada e saída de água de uma determinada porção do solo. Na escala macro, o "balanço hídrico" é o próprio "ciclo hidrológico", cujo resultado nos fornecerá a água disponível no sistema (no solo, rios, lagos, vegetação úmida e oceanos), ou seja, na biosfera (Figura 1-4).

Figura 1-4 - Representação das entradas e saídas de água ao longo do ano



ETR = Evapotranspiração Real
ETP = Evapotranspiração Potencial

Fonte: Banco de Dados Climáticos do Brasil – BDClima, 2015.

Em uma escala intermediária, representada por uma bacia hidrográfica, o balanço hídrico resulta na vazão de água desse sistema. Para períodos em que a chuva é menor do que a demanda atmosférica por vapor d´água, a vazão diminui, ao passo em que nos períodos em que a chuva supera a demanda, a vazão aumenta.

1.1.3 UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

As Unidades de Conservação do município de Ubatuba estão listadas na Tabela 1-3 e representados na Figura 1-5 e a seguir.

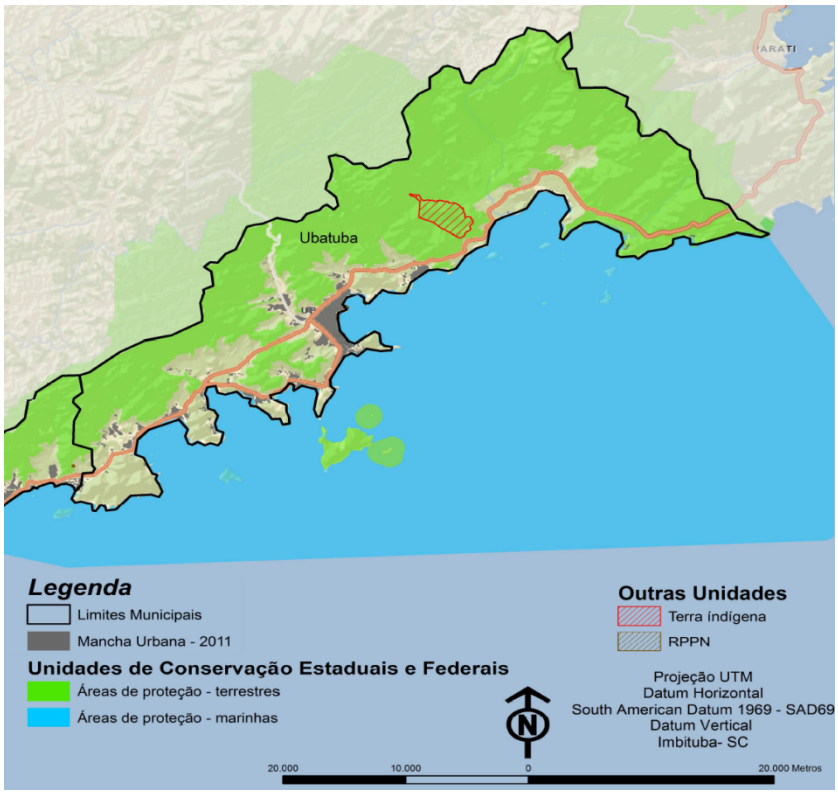
Tabela 1-3 - Unidades de Conservação (UC) – Ubatuba

UC	Proteção Legal	Área (ha)	Administração	Municípios
Parque Nacional Serra da Bocaina	Decretos Federais nº 68.172/71 e nº 70.694/72	104.000	IBAMA	Ubatuba
Parque Estadual Serra do Mar	Decretos Estaduais nº 10.251/77 e nº 13.313/79	315.390	Instituto Florestal (Secretaria do Meio Ambiente)	Caraguatatuba, São Sebastião e Ubatuba
Parque Estadual Ilha Anchieta	Decreto Estadual nº 9.629/77	828	Instituto Florestal (Secretaria do Meio Ambiente)	Ubatuba
Estação Ecológica. Tupinambás	Decreto Federal nº 94.656/87	2.445,2	IBAMA	Ubatuba e São Sebastião
Área de Proteção Ambiental Marinha do Litoral Norte	Decreto Estadual 53.525/08	-	Secretaria do Meio Ambiente	Ubatuba, Caraguatatuba, Ilhabela e São Sebastião
Reserva Particular do Patrimônio Natural Morro do Curussú-Mirim	Portaria IBAMA nº 87/99	22,8	Gradual Participações LTDA	Ubatuba
Áreas Naturais Tombadas da Serra do Mar e de Paranapiacaba	Resolução nº 40/85	1.300.000	Condephaat	Caraguatatuba, Ilhabela, São Sebastião e Ubatuba
Área Natural Tombada Ilhas do Litoral Paulista	Resolução nº 8/94	-	Condephaat	Caraguatatuba, São Sebastião e Ubatuba
Área Natural Tombada Núcleo Caiçara	Resolução	176,27	Condephaat	Ubatuba

UC	Proteção Legal	Área (ha)	Administração	Municípios
de Picinguaba	nº 7/83			
Área Natural Tombada Boa Vista do Sertão do Prumirim	Decreto Federal nº 94.220/87	920,66	FUNAI	Ubatuba
Reserva da Biosfera da Mata Atlântica - RBMA	-	Cerca de 35.000.000	Conselho Nacional da RBMA	Caraguatatuba, Ilhabela, São Sebastião e Ubatuba

Fonte: Plano de Bacia Hidrográfica do Litoral Norte, 2015.

Figura 1-5 - Unidades de Conservação de Ubatuba



Fonte: Litoral Sustentável, 2014.

1.1.4 CONTEXTUALIZAÇÃO DO TERRITÓRIO MARINHO DO MUNICÍPIO DE UBATUBA

Ubatuba está situada na Plataforma Continental do Estado de São Paulo, pertencente à Plataforma Continental Sudeste (PCSE), cuja delimitação, em sua parte sul, se dá pelo cabo de Santa Marta (SC) (28◦ 40`S), e ao norte pelo Cabo Frio (RJ) (23◦ 00' S), correspondendo ao "Embaimento de São Paulo". A PCSE possui profundidade de

quebra variando entre 120 m e 180 m com uma área aproximada de 150.000 Km² e largura variável entre 73 e 231 km (CASTRO-FILHO et al., 1994 em trabalho elaborado em conjunto entre APA Marinha-LN e CBH-LN (CT-SAN).

O desenvolvimento do litoral norte paulista nos últimos trinta anos trouxe um grande impacto para o ambiente marinho. O crescimento desordenado das cidades gera a ocupação das margens dos rios, a falta de saneamento básico, a exploração do turismo de massa, a destinação inadequada do lixo, e a realização da pesca predatória entre outros fatores, que tornaram a realidade do mar da região preocupante, pois a vida e o ambiente marinho estão altamente impactados.

O território marinho de Ubatuba possui diferentes usos. Pode-se destacar algumas atividades como por exemplo: pesca artesanal e industrial, maricultura diversas atividades de lazer e esporte, apoio e infraestrutura náutica, tráfego de embarcações (transporte marítimo) e exploração de petróleo e gás natural. As atividades realizadas no ambiente marinho, com destaque para a pesca e o turismo náutico, dependem da qualidade ambiental para o seu desempenho. Entretanto, paradoxalmente, estas mesmas atividades podem gerar impactos negativos se não forem realizadas de forma sustentável.

Vale ressaltar que parte do território marinho de Ubatuba faz parte da Área de Proteção Ambiental Marinha do Litoral Norte (APAMLN) – setor Cunhambebe – com aproximadamente 145.101,08 há. O objetivo destas Unidades de Conservação é proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.

Tabela 1-4 - Principais leis regulamentadoras das navegações e do meio aquático

Especificidade	*Assunto*
Leg. Internacional MARPOL	O protocolo de 1978, relativo à Convenção Internacional para Prevenção da Poluição por Navios de 1973, estabelece medidas tanto para a prevenção da poluição por esgotos sanitários, quanto por resíduos sólidos.
Leg. Internacional OMS	Cria o Guia para Saneamento dos Navios e estabelece que Todos os navios devem ser equipados com instalações de gestão de esgotos sanitários, definindo os equipamentos mínimos e o tipo de tratamento em função da quantidade de resíduos gerados.
Lei Federal 5.5357/67	Estabelece penalidades para embarcações marítimas ou fluviais que lançarem detritos ou óleo em águas brasileiras.
Lei Federal nº 6.938/81	Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação.
Lei Federal nº 7.347/85	Disciplina a Ação Civil Pública de Responsabilidade por Danos Causados ao Meio Ambiente, ao Consumidor, a Bens e Direitos de Valor Artístico, Estético, Histórico e Paisagístico.
Lei Federal nº 7.542/86	Dispõe sobre a Pesquisa, Exploração, Remoção e Demolição de Bens Afundados, Submersos, Encalhados e Perdidos em Águas sob Jurisdição Nacional.
Lei Federal nº	Regulamenta a navegação em águas brasileiras e dispõe sobre a Lei de

Especificidade	*Assunto*
9.537/97	Segurança do Tráfego Aquaviário (LESTA).
Lei Federal nº 9.966/00	Dispõe sobre a prevenção, o controle e a fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional e dá outras providências.
Decreto Federal nº 79.437/77 e nº 83.540/79	O 1º promulga e o 2º regulamenta a aplicação da Convenção Internacional sobre Responsabilidade Civil de Danos Causados por Poluição por Óleo, de 1969.
Decreto Legislativo nº 10/82 e nº 87.566/82	Aprova (1º) e promulga (2º) o texto da Convenção sobre Prevenção da Poluição Marinha por alijamento de resíduos e outras matérias, concluída em Londres.
Decreto Federal nº 4.136/02	Dispõe sobre a especificação das sanções aplicáveis às infrações às regras de prevenção, controle e fiscalização da poluição causada por lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas em águas sob jurisdição nacional, prevista na Lei no 9.966/00, e dá outras providências.
Lei Estadual nº 997/76	Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente.
Lei Estadual nº 11.165/02	Institui o Código de Pesca e Aquicultura do Estado.
Decreto Estadual nº 49.215/04	Dispõe sobre o Zoneamento Ecológico-Econômico do Setor do Litoral Norte, prevê usos e atividades para as diferentes zonas, estabelece diretrizes, metas ambientais e socioeconômicas e dá outras providências.
Resolução nº 72/09 - ANVISA	Dispõe sobre o Regulamento Técnico que visa à promoção da saúde nos portos de controle sanitário instalados em território nacional e embarcações que por eles transitem.
Resolução CONAMA nº 20/86	Dispõe sobre a metodologia de coleta para definição de nível de balneabilidade das praias paulistas.
Resolução CONAMA nº 06/90	Dispõe sobre a metodologia de coleta para definição de nível de balneabilidade das praias paulistas.
Resolução SMA nº 04/02	Estabelece os procedimentos para o cadastro e o licenciamento ambiental de estruturas localizadas nas margens e nas águas interiores e de mar aberto, destinadas ao acesso de pessoas e coisas às embarcações de esporte e recreio e ao acesso destas e daquelas às mesmas águas no Estado de São Paulo e dá providências correlatas.
Resolução SMA nº 21/08	Estabelece os procedimentos para o licenciamento ambiental de estruturas de apoio a embarcações, destinadas ao acesso de pessoas e cargas às embarcações de esporte e recreio no Estado de São Paulo e dá providências correlatas.
Portaria Ministério da Saúde nº 2.660/08	Aprova a Resolução GMC nº 09/08 procedimentos Mínimos de Inspeção Sanitária em Embarcações que Navegam pelos Estados- Partes do MERCOSUL
Portaria Normativa IBAMA nº 64-N/92	Estabelece critérios para a concessão de registro provisório aos dispersantes químicos empregados nas ações de combate aos derrames de petróleo e seus derivados.

Fonte: Grupo Executivo Loca, 2015

Tabela 1-5 - Principais atos, acordos e tratados internacionais assinados pelo Brasil

Atos Internacionais assinados pelo Brasil	
Acordos Multilaterais	Convenção sobre Responsabilidade Civil por Danos Causados por Poluição por Óleo, Bruxelas, 1969. Promulgada no Brasil pelo Decreto nº 79.437 e com aplicação regulamentada pelo Decreto nº 83.540.
	Convenção de Londres sobre Prevenção da Poluição Marinha por Alijamento de Resíduos e outras matérias, Londres. Promulgada no Brasil pelo Decreto nº 87.566.
	MARPOL 73/78 – Convenção Internacional para Prevenção da Poluição Marinha causada por Navios. Londres, 02.11.73 (alterada pelo protocolo de 1978 e pelas emendas de 1984). O Decreto Legislativo nº 4/88 aprova os textos desta convenção com ressalvas. Para que seja possível sua aplicação legal há que a Convenção ser promulgada oficialmente pelo governo brasileiro.
	Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, Montego Bay. No Brasil, entra em vigor pelo Decreto nº 1530/95.
Acordos Bilaterais	Acordo de Conservação dos Recursos Naturais do Atlântico Sul entre Brasil e Argentina. Buenos Aires, 29.12.67. O Decreto nº 454, de 05.02.69, aprova o acordo no Brasil.
	AGENDA 21 – Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, realizada em junho de 1992, no Rio de Janeiro.

Fonte: Grupo Executivo Loca, 2015.

2 Indicadores

Indicadores são instrumentos utilizados para medir uma realidade, um parâmetro norteador, instrumento de gerenciamento, avaliação e planejamento das ações de modo a permitir mudanças nos processos e resultados. O indicador é importante para nos conduzir ao resultado final das ações propostas em um planejamento estratégico.

2.1 Dados socioeconômicos

2.1.1 População

O município de Ubatuba apresentou um alto crescimento populacional entre 1991 e 2000 com taxa geométrica de crescimento anual (TGCA) de 3,90 % a.a., próxima aos demais municípios do litoral paulista que durante o mesmo período, em sua maior parte, também apresentaram altas taxas. Na década de 2000 a 2010 houve uma diminuição no ritmo de crescimento populacional em toda região, tendo em Ubatuba passado para 1,72 % a.a. Nesse período, esse município saltou de 66.861 para 78.801 habitantes.

Tabela 2-1 - População estimada

População estimada 2015	**86.392**
População 2010	78.801
Área da unidade territorial (km²)	723,883
Densidade demográfica (hab/km²)	108,87

Fonte: IBGE, 2015.

Tabela 2-2 - Evolução populacional

Ano	Ubatuba	São Paulo	Brasil
1991	47.398	31.588.925	146.825.475
1996	54.196	33.844.339	156.032.944
2000	66.861	37.032.403	169.799.170
2007	75.008	39.827.570	183.987.291
2010	78.801	41.262.199	190.755.79

Fonte: IBGE, 2015.

Tabela 2-3 - Taxa Geométrica de Crescimento Anual da População – 2010/2015

UBATUBA – Região de Governo de Caraguatatuba	Ano	Município	Reg. Gov.	Estado
Taxa Geométrica de Crescimento Anual da População* – 2010/2015 (Em % a.a.)	2015	1,29	1,62	0,87

*Definição: Expressa, em termos percentuais, o crescimento médio da população em determinado período de tempo. Geralmente, considera-se que a população experimenta um crescimento exponencial ou geométrico

Fonte: Fundação SEADE, 2015.

Uma importante característica de Ubatuba é a grande presença de domicílios particulares não ocupados (30.864), superior ao número de ocupados, fato esse justificável pelo caráter turístico do município, com diversas casas de veraneio, que ocasiona um significativo incremento populacional nas temporadas de férias e feriados.

Tabela 2-4 - Domicílios Recenseados – Ubatuba

Domicílios recenseados por espécie de domicílio – 2010		
Município	**Espécie do domicílio**	**Domicílios recenseados (Unidades)**
Ubatuba, SP	Particulares	59.705
	Particulares - ocupados	25.101
	Particulares - não ocupados	30.864
	Particulares - não ocupados - fechados	-
	Particulares - não ocupados - de uso ocasional	30.036
	Particulares - não ocupados – vagos	4.568
	Coletivos	291
	Coletivos - com moradores	67
	Coletivos - sem moradores	224

Fonte: IBGE, 2015.

2.1.2 EDUCAÇÃO

A taxa municipal de analfabetismo a partir dos 15 anos de idade é de 5,82 % da população, maior que a média estadual que é de 4,33 %. A população entre 18 e 24 anos que terminou o ensino médio representa 47,64 % do total, abaixo da média estadual que é de 57,89 %. Abaixo segue a tabela de resumo extraída da SEADE.

Tabela 2-5 - Dados Educação

Educação	Ano	Município	Reg. Gov.	Estado
Taxa de Analfabetismo da População de 15 Anos e Mais – Censo Demográfico (Em %)	2010	5,82	5,38	4,33

Educação	Ano	Município	Reg. Gov.	Estado
População de 18 a 24 Anos com pelo Menos Ensino Médio Completo – Censo Demográfico (Em %)	2010	47,64	...	57,89

Fonte: Fundação SEADE, 2015.

2.1.3 IDH – ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO

O IDH foi desenvolvido pela ONU - Organização das Nações Unidas - dentro do PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Trata-se de uma medida de comparação entre Municípios, Estados, Regiões e Países, com objetivo de medir o grau de desenvolvimento econômico e a qualidade de vida oferecida à população. Este índice é calculado com base em dados econômicos e sociais (expectativa de vida ao nascer, educação e PIB per capita) e varia de 0 (nenhum desenvolvimento) a 1 (desenvolvimento total).

Sendo assim, o IDHM se elevou de 0,518 (1991) para 0,751 (2010), passando para a colocação 202°, dentre os municípios do Estado de São Paulo e 526° dentre os municípios brasileiros. O município ainda se encontra não muito abaixo do IDH estadual, da ordem de 0,783.

Tabela 2-6 - Evolução do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal – IDHM

Índice de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM - Ubatuba	
IDHM 2010	0,751
IDHM 2000	0,633
IDHM 1991	0,518

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, 2013.

Tabela 2-7 - Evolução do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal e Estadual – IDHM

Ranking IDHM 2010	Município	IDHM 2010	IDHM Renda 2010	IDHM Longevidade 2010	IDHM Educação 2010
526 °	Ubatuba	0,751	0,741	0,841	0,679
2° das Unidades da Federação	São Paulo	0,783	0,789	0,845	0,719

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil, 2013.

2.1.4 IPRS – ÍNDICE PAULISTA DE RESPONSABILIDADE SOCIAL

O Índice Paulista de Responsabilidade Social – IPRS - "sintetiza a situação de cada município do Estado no que diz respeito à riqueza, escolaridade e longevidade, gerando uma tipologia que os classifica em 5 grupos" (SEADE).

O Grupo 1 representa os "municípios com alto nível de riqueza e bons índices sociais". O Grupo 5 representa os "municípios mais desfavorecidos do estado, tanto em riqueza como em indicadores sociais".

O IPRS classificou **Ubatuba** como integrante do Grupo 4, ano 2012: "Municípios que apresentam baixos níveis de riqueza e nível intermediário de longevidade e/ou escolaridade", Seade/2015.

Tabela 2-8 - Evolução do Índice Paulista de Responsabilidade Social – IPRS

Condições de Vida	Ano	Município	Estado
Índice Paulista de Responsabilidade Social – IPRS – Dimensão Riqueza	2010	37	45
	2012	40	46
Índice Paulista de Responsabilidade Social – IPRS – Dimensão Longevidade	2010	65	69
	2012	68	70
Índice Paulista de Responsabilidade Social – IPRS – Dimensão Escolaridade	2010	44	48
	2012	47	52
Índice Paulista de Responsabilidade Social – IPRS	2010	Grupo 5 - Municípios mais desfavorecidos, tanto em riqueza quanto nos indicadores sociais	
	2012	Grupo 4 - Municípios que apresentam baixos níveis de riqueza e nível intermediário de longevidade e/ou escolaridade	

Fonte: Fundação SEADE, 2015.

2.2 SAÚDE

Para descrição estatística do quadro da saúde do município foi utilizado a SEADE (Tabela 2-9).

Tabela 2-9 - Estatísticas vitais e saúde

Estatísticas Vitais e Saúde	Ano	Município	Reg. Gov.	Estado
Taxa de Natalidade (Por mil habitantes)	2013	13,46	14,83	14,45
Taxa de Fecundidade Geral (Por mil mulheres entre 15 e 49 anos)	2013	47,23	52,30	51,14
Taxa de Mortalidade Infantil (Por mil nascidos vivos)	2013	8,17	9,60	11,47
Taxa de Mortalidade na Infância (Por mil nascidos vivos)	2013	9,99	12,34	13,20
Taxa de Mortalidade da População entre 15 e 34 Anos (Por cem mil habitantes nessa faixa etária)	2013	113,61	132,57	116,70
Taxa de Mortalidade da População de 60 Anos e Mais (Por cem mil habitantes nessa faixa etária)	2013	3.312,32	3.417,49	3.504,71
Mães Adolescentes (com menos de 18 anos) (Em %)	2013	7,99	7,33	6,90
Mães que Tiveram Sete e Mais Consultas de Pré-Natal (Em %)	2013	73,70	79,96	76,64
Partos Cesáreos (Em %)	2013	45,78	48,69	60,33
Nascimentos de Baixo Peso (menos de 2,5kg) (Em %)	2013	7,27	7,81	9,14
Gestações Pré-Termo (Em %)	2013	13,37	11,29	12,38
Leitos SUS (Coeficiente por mil habitantes)	2014	0,81	1,06	1,37

Fonte: Fundação SEADE, 2015.

De acordo com a publicação "Padrões de Potabilidade da Água – Volume 2", editada pelo Centro de Vigilância Sanitária de São Paulo, as doenças relacionadas com a água foram divididas em quatro grupos, considerando-se as vias de transmissão e o ciclo do agente, conforme quadro a seguir:

Tabela 2-10 - Infecções Relacionadas com a Água

Grupo	Descrição	Exemplos/Agente etiológico
I - Transmissão Hídrica	Ocorre quando o agente encontra-se na água	Diarréias e disenterias - Cólera/*V.Cholerae* - Salmonelose/*Salmonella sp*

Grupo	Descrição	Exemplos/Agente etiológico
		Febres entéricas - Febre tifóide/*Salmonella tiphi* Hepatite A/vírus A da hepatite Ascaridíase/*Ascaris lumbricoides*
II - Transmissão relacionada com a higiene	Ocorre quando o agente se manifesta sob condições inadequadas de higiene	Escabiose/*Sarcoptes scabie* Tracoma/*Clamydia trachonatis*
III-Transmissão baseada na água	Ocorre a partir do contato do homem com um agente que desenvolve parte do ciclo vital em animal aquático	Esquistossomose/*Schistossoma mansoni*
IV-Transmissão por inseto vetor que se procria na água	Ocorre quando o agente entra em contato com o homem através da picada do insteo	Dengue/vírus do dengue-vetor: *Aedes aegypti* Malária/*Plasmodium sp*-vetor: *Anopheles sp* Filariose/*Wucheria bancrofti* - vetor: *Culex sp*

Fonte: Centro de Vigilância Sanitária de São Paulo, 2015.

Tabela 2-11 - Doenças de veiculação hídrica - Ubatuba, SP

Período	Número total de pessoas infectadas por doenças hídricas*	População total	Valor da Fórmula
2007	1	75.008	0,13
2010	3	78.801	0,38

*Número de atendimentos por doenças de veiculação hídrica por 10 mil habitantes (Principais doenças: Febre Tifóide, Febre Paratifóide, Shigeloses, Cólera, Hepatite, Amebíase, Giardíase, Esquistossomose, Ascaridíase, leptospirose).
Fórmula: Número total de pessoas infectadas por doenças hídricas ÷ População total × 10000

Fonte: IBGE, 2015.

O quadro a seguir apresenta a Morbidade Hospitalar do SUS em Ubatuba, no período de 1995 a 2007 e a partir de 2008, conforme o grupo de infecções relacionadas com a água.

Tabela 2-12 - Morbidade Hospitalar do SUS em Ubatuba

Morbidade Hospitalar do SUS - por local de residência		
Grupos	1995 - 2007	A partir de 2008
I	Nd	25
II	Nd	Nd
III	Nd	Nd
IV	Nd	Nd

Fonte: Portal da Saúde – Ministério da Saúde, 2015.

Apesar de não terem sido registradas mortes hospitalares para o Grupo IV, as ocorrências de dengue no município nos últimos anos chamam a atenção com números expressivos, a saber:

Tabela 2-13 - Pessoas infectadas com dengue

Período	Número total de pessoas infectadas com dengue	População total	Taxa de infecção 1/10.000hab.
2007	3.274	75.008	436,49
2009	2	75.006	0,27
2010	284	78.801	36,04
2011	821	79.718	102,99
2012	22	80.604	2,73

Fonte: Programa Cidades Sustentáveis, 2015.

O enfoque dos dados da saúde na área epidemiológica e de doenças de veiculação hídrica, tanto de infecção quanto de morbidade, foi dado pelas referências diretas das ocorrências ao tema de saneamento. Ainda que os registros de morbidade sejam quase nulos, as infecções são fortes e suficientes indicadores da necessidade de melhorias nos aspectos sanitários e de educação.

2.3 ECONOMIA

A economia de Ubatuba baseia-se na prestação de serviços, vinculados principalmente ao setor turístico e ao comércio. É também notável a importância da construção civil e do setor imobiliário, em particular no que se refere à construção de residências de veraneio, característica esta que dá origem a um aumento desproporcional da demanda que incide sobre os serviços de saneamento municipais. Outras atividades que merecem destaque são as dos setores agrícolas, pecuária e da pesca.

2.3.1 EMPREGOS

Em 2013, os empregos formais totalizavam 16.219. O número de empregos cresceu a uma média de 17,3 % de 2009 a 2013 (Tabela 2-14).

Tabela 2-14 - Empregos Formais, por Setores de Atividade Econômica

INDICADORES	2009	2010	2011	2012	2013
Empregos Formais	13.819	14.621	15.288	15.534	16.219
Empregos Formais da Agricultura, Pecuária, Produção Florestal, Pesca e Aquicultura	43	37	33	39	48
Empregos Formais da Indústria	419	538	580	608	670
Empregos Formais da Construção	631	886	949	712	781
Empregos Formais do Comércio Atacadista e Varejista e do Comércio e Reparação de Veículos Automotores e Motocicletas	3.807	4.172	4.423	4.771	4.911
Empregos Formais dos Serviços	8.919	8.988	9.303	9.404	9.809
Participação dos Empregos Formais da Agricultura, Pecuária, Produção Florestal, Pesca e Aquicultura no Total de Empregos Formais (Em %)	0,3	0,3	0,2	0,25	0,3
Participação dos Empregos Formais da Indústria no Total de Empregos Formais (Em %)	3	3,7	3,8	3,91	4,13
Participação dos Empregos Formais da Construção no Total de Empregos Formais (Em %)	4,6	6,1	6,2	4,58	4,82
Participação dos Empregos Formais do Comércio Atacadista e Varejista e do Comércio e Reparação de Veículos Automotores e Motocicletas no Total de Empregos Formais (Em %)	27,5	28,5	28,9	30,71	30,28
Participação dos Empregos Formais dos Serviços no Total de Empregos Formais (Em %)	64,5	61,5	60,9	60,54	60,48

Fonte: Fundação SEADE, 2015.

2.3.2 PRODUTO INTERNO BRUTO E RENDA PER CAPITA

Tabela 2-15 - Produto Interno Bruto e Produto Interno Bruto per Capita

Indicadores	2008	2009	2010	2011	2012
PIB (Em milhões de reais correntes)	718,29	843,72	920,74	981,17	1.075,56
PIB per Capita (Em reais correntes)	9.376,73	10.865,94	11.700,47	12.309,89	13.322,54

Indicadores	2008	2009	2010	2011	2012
Participação no PIB do Estado (Em %)	0,0716	0,08	0,0738	0,0727	0,076

Fonte: Fundação SEADE, 2015.

Tabela 2-16 - Renda per Capita

Indicador	2000	2010
Renda per Capita – Censo Demográfico (Em reais correntes)	317,1	572,41

Fonte: Fundação SEADE, 2015.

2.3.3 ATIVIDADES DO SETOR PRIMÁRIO

Há comunidades caiçaras, indígenas e quilombolas que praticam uma economia de subsistência e atividades predominantemente no setor primário, que são voltadas para produção agrícola, pecuária, artesanatos e extrativismos diversos.

Tabela 2-17 - Unidades de produção agrícola – Ubatuba

Áreas de produção agrícola	154 áreas	6.843,6 hectares
Famílias que trabalham na produção agrícola	242 famílias	53 trabalhadores permanentes

Fonte: Censo Agropecuário LUPA 2007/2008

Tabela 2-18 - Produção agrícola – culturas

Produções agrícolas		
Cultura	% em relação a áreas de cultura perene*	% das áreas de ciclo curto
Banana	81 %	-
Mandioca	-	56 %

O termo perene designa algo permanente ou que dura muito anos. Desse modo, a cultura perene é a cultura que após ser plantada e concluir um ciclo produtivo, não há necessidade de se replantar..

Fonte: Censo Agropecuário LUPA, 2007/2008.

O palmito pupunha, inhame, frutas e suas polpas (cambuci, jussara e goiaba) são produzidos e fornecidos pelos agricultores familiares à alimentação escolar das escolas públicas municipais.

2.3.4 ECONOMIA PESQUEIRA

Devido a sua natureza e essência cultural, além do tamanho da orla marítima da cidade, um destaque importante na economia da cidade é a pesca. O Instituto de Pesca do Estado possui um banco de dados que registra os embarques, desembarques, classificação do pescado, quantidades e valores. Os dados de produção são importantes para avaliação da logística de funcionamento desta atividade em relação ao Plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos (PMGIRS) editado em 2014, pois a pesca é realizada em Área de Proteção Ambiental (APA Marinha) que necessita de atenção especial (PMGIRS de Ubatuba 2014, Plano de Resíduos sólidos do estado de São Paulo 2014, PNRS 2010).

Tabela 2-19 - Relação de Produtos e Rendas do Município – Estatística pesqueira

Pesca por período		
Ano	**Kg no Período (peso do pescado)**	**Valor estimado no período dos produtos da pesca**
2014	3558309,59	R$ 10.100.359,23
2015	504235,20	R$ 2.385.940,95
Total	**4062544,79**	**R$ 12.486.300,18**

Fonte: Instituto de Pesca, 2014.

3 Situação dos resíduos sólidos gerados

3.1 Resíduos Sólidos Marinhos – RSM

3.1.1 Poluição Marinha

Todos os resíduos e efluentes despejados de forma incorreta no ambiente terrestre pode se tornar uma fonte potencial de poluição marinha assim como o despejo de resíduos neste bioma.

A capacidade de resiliência dos oceanos, assim como em qualquer ecossistema, é limitada. A presença de resíduos sólidos no ambiente marinho, e também nas praias, impactam esses habitats e todos os ecossistemas associados a eles.

> "(...) *a introdução do homem, direta ou indiretamente, de substâncias ou de energia no meio marinho, incluindo os estuários, sempre que a mesma provoque ou possa vir a provocar efeitos nocivos, tais como danos aos recursos vivos e à vida marinha, riscos à saúde do homem, entraves às atividades marinhas, incluindo a pesca e outras utilizações legítimas do mar, alteração da qualidade da água do mar, no que se refere à sua utilização*". (Conceito de poluição marinha pelo art. 1° da Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, poluição marinha).

3.1.2 Fontes Poluição Marinha

Infraestrutura Náutica e embarcações	• Limpeza de porão; • Resíduos orgânicos e recicláveis; • Boias que atuam como lava rápido; • Captação de água irregular; • Contaminação por óleos graxos; • Sal azedo (produto químico utilizado em manutenção); • Lançamento de esgoto no mar (sanitários); • Tinta antiincrustante (estanho); • Eficiência do processo na remoção de coliformes termotolerantes dos processos de tratamento por biodegradação; • Impossibilidade de esgotar os tanques de dejetos das embarcações nas Marinas; • Ausência de Norma ABNT para encaixe de "mangote" em estrutura de recepção de esgoto nas Marinas.

Navegações	• Vazamentos, ruptura e transbordamento ou derramamentos de óleo durante a operação de abastecimento e transferência entre embarcações ou entre embarcação e terminal. • Colisão, encalhes e vazamentos de embarcações que resultem em derramamento da carga ou de combustível; • Poluição do ar causada por combustão, ventilação da carga, resultante das operações com carga seca como cimento, grãos, minério e carvão; • Transferência de organismos aquáticos nocivos e agentes patogênicos, por meio da água de lastro e incrustações no casco; • Efeitos de tintas anti-incrustantes usadas nas embarcações; • Óleos e resíduos oleosos; • Substâncias nocivas a granel; • Esgotos sanitários; • Resíduos orgânico e resíduos reciclável

3.1.3 ATIVIDADES PORTUÁRIAS

Ubatuba encontra-se como área de influência dos principais empreendimentos de petróleo e gás que acontecem em nossa região, e por isso está suscetível aos impactos advindos das rotas de embarcações, das atividades decorrentes das infraestruturas de apoio e dos próprios empreendimentos.

Empreendimentos portuários	• execução de obras de abrigo e novas frentes de atracação, de dragagens e canais de acesso, de derrocamentos, de aterros, de enrocamentos, de infra-estrutura de armazenagem, de edificações em geral, de acessos terrestres e outros, que, quando dimensionadas de forma inadequada, podem gerar, agressão aos ecossistemas e poluição dos recursos naturais.
Operações portuárias	• Operações de manuseio, transporte e armazenagem da carga, serviços de manutenção da infra-estrutura, o abastecimento e reparo de embarcações, máquinas, equipamentos e veículos em geral quando ocorrem de forma inadequada podem gerar resíduos sólidos e líquidos, lançamento de efluentes em corpos d'água, poluição do ar, da água, do solo e do subsolo
Exploração de hidrocarbonetos (petróleo)	• Óleo bruto, operações de lavagem dos tanques dos petroleiros em pleno oceano. Embora atualmente tal operação em pleno mar seja proibida, é natural que se continuem a cometer abusos, dada a dificuldade de fiscalização.

Esgoto e Emissários submarinos	•Os esgotos domésticos (altos teores de carbono orgânico total, série nitrogenadas, fósforo orgânico e inorgânico, sulfetos, cloretos); quantidades variáveis de contaminantes c(metais, hidrocarbonetos, pesticidas e outras substâncias potencialmente tóxicas) e outros contaminates. No município de Ubatuba tem-se 1 emissário submarino, localizado na praia da Enseada.
Metais pesados	•Provenientes da chamada água negra que é uma mistura de água do mar com óleo, graxa e inúmeras substâncias tóxicas, como os metais pesados de bário, berílio, cádmio, cobre, ferro, e até radioativas, como estrôncio-90 e bismuto-214.

3.1.4 POLUIÇÃO DIFUSA

A poluição de origem difusa decorre do escoamento superficial da água em áreas urbanas, uma vez que provêm de atividades que depositam poluentes de formas esparsas, sobre a área de contribuição da bacia hidrográfica.

Podemos citar as principais fontes geradoras da carga difusa:

a) Deposição atmosférica;

b) Deposição de poluentes nas ruas: desgaste de pavimento, veículos e resíduos;

c) Tóxicos e;

d) Erosão.

Outros focos de poluição difusa que atingem o ambiente marinho:

Plástico	•O material demora centenas de anos para se decompor, seja no meio marinho ou no terrestre. Seu principal impacto no meio marinho é sobre a fauna. Muitos animais acabam morrendo sufocados e/ou engasgados por conta da ingestão do plástico.
Ocupação desordenada	• Falta de saneamento básico, disposição inadequada do lixo e outros problemas de saúde pública.
Dispersantes de Óleos e Graxas	• Os dispersantes químicos, produtos de natureza orgânica, são utilizados em situações de derramamentos de óleos

3.1.5 ATIVIDADE PESQUEIRA E COMÉRCIO

O município não possui um sistema de coleta específico para destinação final dos resíduos pesqueiros, ficando essa responsabilidade, portanto, para os pescadores, distribuidores e comerciantes. Atualmente esses resíduos oriundos da pesca são acondicionados em caçambas estacionárias, tabuleiros, às vezes acondicionados em tambores dentro dos refrigeradores antes de serem destinados como resíduo sólido domiciliar (RSD), quando não são lançados diretamente no mar, nos rios ou nas praias.

Isso implica que os resíduos ficam muitas vezes expostos às aves e animais que se alimentam destes detritos, além de serem expostos à população (Figura 3-1).

Figura 3-1 - Colônia Z10 – Panorâmica do local e das caçambas estacionárias



Fonte: Prefeitura Municipal de Ubatuba, 2015.

Quando a demanda de geração extrapola os limites de acondicionamento, os resíduos começam a ser separados nos tabuleiros e deixados a céu aberto, as vezes coberto com lonas (Figura 3-2).

Figura 3-2 - Colônia Z10 – infraestrutura de acondicionamento



Fonte: Prefeitura Municipal de Ubatuba, 2015.

No Plano Municipal de Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos (PMGIRS) editado em 2014, estima-se que em baixa temporada sejam gerados uma média de 15 tabuleiros de aproximadamente 30 kg por dia (450 kg/dia) e na alta temporada, esse número chega a mais de 100 tabuleiros (aprox. 3.000 kg/dia), sendo que nos dados fornecidos pela Secretaria Municipal de Serviços e Infraestrutura Pública, em 2015, há grande divergência entre estes valores. Desta forma estaremos adotando os valores mais atuais retratados na Tabela 3-1.

Tabela 3-1 - Estimativa da geração de resíduos de pesca (kg/dia)

Resíduos de pesca (kg/dia)	
Alta temporada (2 meses no ano)	800
Baixa temporada (10 meses no ano)	220

Fonte: Secretaria Municipal de Serviços e Infraestrutura Pública, 2015.

Figura 3-3 - Colônia Z10 e peixarias – resíduos de peixe e de limpeza pública despejados nas ruas



Fonte: Prefeitura Municipal de Ubatuba, 2015.

A CATI em parceria com o CBH-LN, Unidade de Pesquisa de Desenvolvimento da APTA (UPD) e Secretaria Municipal de Pesca, Agricultura e Abastecimento, está desenvolvendo um projeto de pesquisa de mistura de diversos materiais orgânicos para compostagem. Esse projeto de pesquisa testou a utilização dos detritos de pesca misturados com resíduos de poda para compostagem e formação de adubo orgânico voltado para sua utilização na agricultura. Os resíduos de peixe, acondicionados nos tambores, eram recolhidos pelo automóvel da CATI e levados para a UPD-APTA em Ubatuba.

3.1.6 RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES - RSD

A empresa SANEPAV Saneamento Ambiental LTDA é responsável pela limpeza urbana junto com a prefeitura.

Tabela 3-2 – Dados da coleta

Dados da coleta				
Resíduos sólidos domiciliares	No município a coleta dos resíduos sólidos domiciliar acontece porta a porta, e se estende a cerca de 98 % da população. Os serviços de coleta domiciliar porta a porta são realizados com frequência diferenciada segundo as características dos	**Média de RSD gerados (t/m)**		
		2013	***2014***	***2015***
		2852	3128	3312
		Em média no ano de 2015 foram coletadas 90 t/dia de RSD, sendo que nos períodos da alta temporada foram coletadas 170 t/dia durante os meses de dez-fev.		

	locais atendidos, sendo diária para 18 % do total da população e 2 a 3 vezes por semana para os 80 % da população.		
Recicláveis	A coleta seletiva é operada pela Prefeitura Municipal, de forma manual, com equipe padrão composta por motorista e coletores, que realiza a coleta de porta a porta, somente no perímetro urbano. Esses resíduos são coletados no caminhão compactador e encaminhados até o centro de triagem, que fica localizado na Unidade de Transbordo Municipal.	**Quantidade de resíduos coletados seletivamente para reciclagem**	**Rejeitos**
		20 t/m	**8 – 12 t/m** **(40 – 60 %)**
		Estima-se que a coleta seletiva chega ao máximo a 0,6 % de todo resíduo gerado no município.	

Fonte: Adaptado pelo autores do texto da Prefeitura Municipal de Ubatuba, 2015.

3.1.7 FROTA

A coleta dos resíduos sólidos domiciliares é processada de forma convencional, ou seja, através de serviços manuais executados por equipes padrão compostas pelo motorista e pelos coletores, e transportada por caminhão até a unidade licenciada de transbordo do município.

Tabela 3-3 - Frota

Tipo de coleta	Época	Nº de caminhões
RSD	Baixa temporada	8
	Alta temporada ([1])	14
Seletiva	Baixa e alta temporada	1

([1]) Disponibiliza uma retroescavadeira na alta temporada

Fonte: Secretaria Municipal de Serviços e Infraestrutura Pública, 2015.

Os serviços manuais compreendem basicamente a retirada e translado dos sacos plásticos das moradias para os caminhões e são empilhados no meio da rua até o momento que o caminhão passa para retirá-lo, gerando em alguns locais diversos problemas de higienização e saúde pública devido à dispersão do material por animais. Apenas em alguns estabelecimentos comerciais, o recolhimento manual é feito a partir de de contentores plásticos com rodas.

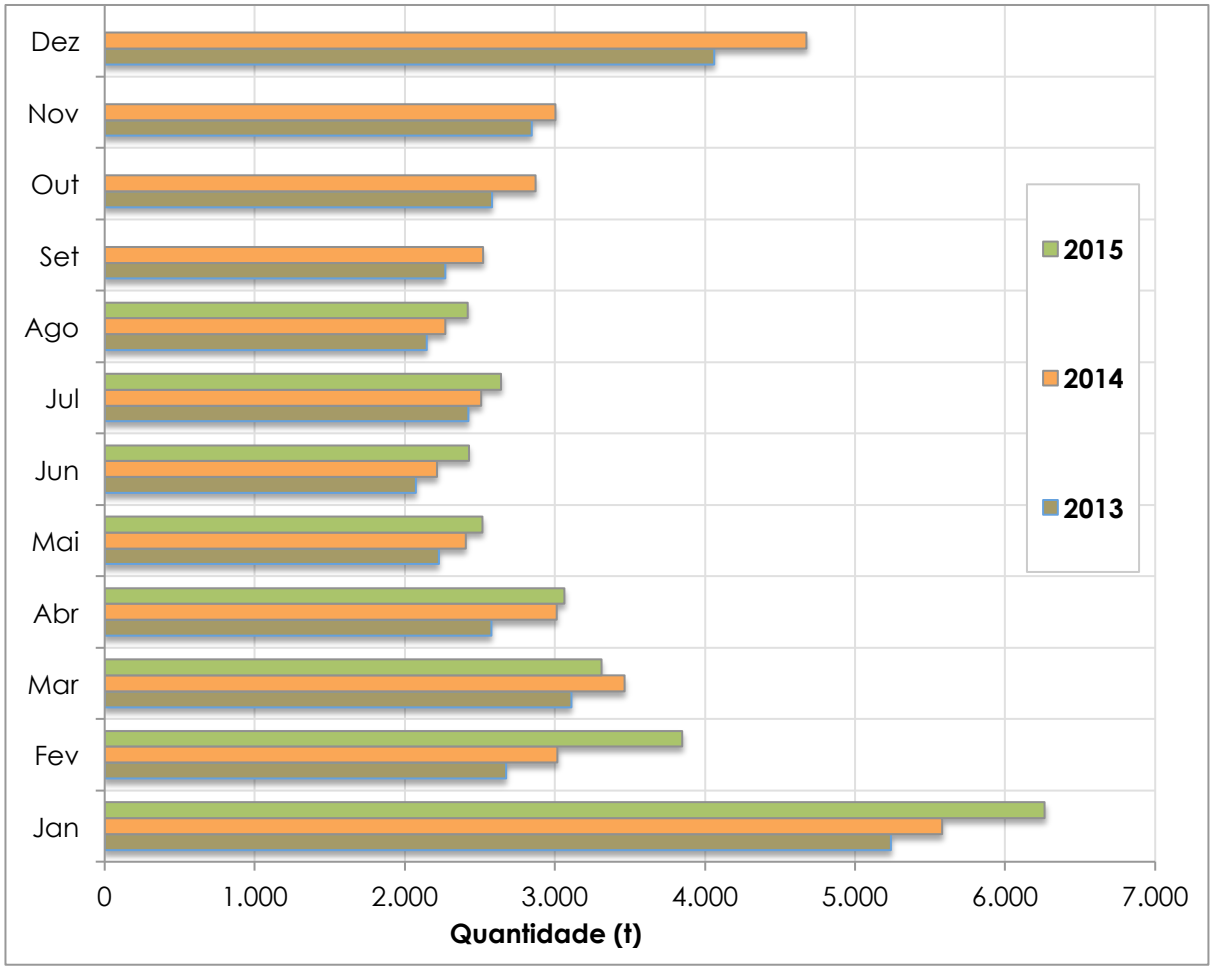
Os dados quantitativos indicam que no ano de 2013 foram utilizadas 570 caçambas estacionárias pela Prefeitura Municipal de Ubatuba (PMU), tendo estas capacidade de armazenamento de cerca 2 % do total coletado. Em relação a 2014 foram coletados nas caçambas estacionárias 646 t e no período de jan-ago de 2015 foram coletadas 502 t, representando respectivamente 1,7 % e 1,9 % do total coletado.

Tabela 3-4 – Quantidade de resíduos coletados por mês entre 2013-2015

	Caçamba (t)			Domiciliar (t)			Total (t)		
	2013	2014	2015	2013	2014	2015	2013	2014	2015
Jan	37,2	142,33	103,98	5.201,33	5.436,17	6.159,71	5.238,53	5.578,5	6.263,69
Fev	49,77	40,75	69,84	2.624,01	2.976,09	3.779,18	2.673,78	3.016,84	3.849,02
Mar	82,49	27,43	82,18	3.025,43	3.435,47	3.226,96	3.107,92	3.462,9	3.309,14
Abr	39,25	41,43	75,42	2.536,36	2.968,33	2.988,64	2.575,61	3.009,76	3.064,055
Mai	56,24	46,09	22,19	2.169,08	2.357,67	2.496,64	2.225,32	2.403,76	2.518,83
Jun	65,18	40,15	43,03	2.009,97	2.173,41	2.384	2.075,15	2.213,56	2.427,03
Jul	56,62	46,35	60,28	2.367,06	2.460,44	2.581,52	2.423,68	2.506,79	2.641,80
Ago	65,97	49,13	44,56	2.080,11	2.219,58	2.376,24	2.146,08	2.268,71	2.420,80
Set	47,19	25,10		2.221	2.498,2		2.268,19	2.523,3	
Out	63,44	39,83		2.515,17	2.829,4		2.578,61	2.869,23	
Nov	63,45	49,82		2.782,53	2.955,15		2.845,98	3.004,973	
Dez	89,31	97,48		3.972.47	4.575,81		4.061,78	4.676,29	
Total	716,11	645,89	501,48	29.532,1	36.885,7	25.992,9	34.220,63	37.534,61	26.494,37

Fonte: SANEPAV Saneamento Ambiental LTDA, 2015.

Figura 3-4 – Quantidade de resíduos domiciliares coletados em Ubatuba 2013-2015



Fonte: Elaborado pelo autor com base em dados da SANEPAV Saneamento Ambiental LTDA, 2015.

A quantidade de resíduos efetivamente aterrada é superior a quantidade coletada pela empresa privada retratada na tabela 3,4 % em 2013, 0,8 % em 2014 e 2015. Esta diferença se dá pelo recebimento de uma pequena quantidade de resíduos provenientes de outras fontes de coleta tais como os rejeitos da coleta seletiva, verdes, entre outros, realizadas por privados ou mesmo pela Prefeitura.

Tabela 3-5 – Quantidade dos RSU no aterro (em toneladas)

RSU aterrado	2013	2014	2015
Jan	5.274,22	5.823,69	6.326,30
Fev	3.415,82	3.049,68	3.812,68
Mar	3.034,33	3.477,45	3.291,94
Abr	2.606,23	3.083,42	3.128,02
Mai	2.225,60	2.384,40	2.538,56
Jun	2.163,16	2.212,39	2.421,90
Jul	2.605,42	2.580,06	2.705,70

RSU aterrado	2013	2014	2015
Ago	2.120,15	2.335,73	2.469,67
Set	2.282,25	2.511,12	
Out	2.735,08	2.835,25	
Nov	2.968,53	3.104,73	
Dez	4.000,10	4.454,40	
Total	**35.430,89**	**37.852,32**	**26.694,77**

Fonte: Secretaria Municipal de Serviços e Infraestrutura Pública, 2015.

3.1.8 SETORES ATENDIDOS PELA COLETA E FREQUÊNCIA SEMANAL

São atendidos 15 setores de coleta, com 2 turnos, frequência de 3 dias da semana divididos entre 2ª, 4ª e 6ª e 3ª, 5ª e sábados e no centro coleta diária.

Tabela 3-6 - Dados da coleta

Setor	Localidades	Frequência	Turno
01	Centro I e Centro II Barra da Lagoa e Avenida Iperoig	Diária 3ª, 5ª e sábado	2º t – das 17h00min às 01h20min
02	Pq Vivamar, Itaguá, Avenida Iperoig	2ª, 4ª e 6ª	2º t – das 17h00min às 01h20min
03	Sesmarias Estufa II	3ª, 5ª e sábado	2º t – das 17h00min às 01h20min
04	Pé da Serra Horto/Cach. dos Macacos Ipiranguinha/Emaús / Vale do Sol	2ª, 4ª e 6ª	2º t – das 17h00min às 01h20min
05	Sumaré/Silop/Mato Dentro Parque dos Ministérios Samambaia/Jd Carolina	3ª, 5ª e sábado	2º t – das 17h00min às 01h20min
06	Container Maranduba Promove/Beira Rio Praia e Bairro Porto Eixo/Sapezinho	2ª, 4ª e 6ª	1º t – das 06h00min às 14h20min
07	Toninhas/Praia/Bairro Enseada, Estufa I	3ª, 5ª e sábado	1º t – das 06h00min às 14h20min
08	Enseada/Toninhas/J. Marisol Recanto/Salga/Cabeça de Boi/ Vila Mariana/Cond. Samola	2ª, 4ª e 6ª	1º t – das 06h00min às 14h20min
09	Lázaro/Ribeira Perequê Mirim/Domingas Dias	3ª, 5ª e sábado	1º t – das 06h00min às 14h20min
10	Barra Seca/Praia Vermelha Norte Itamambuca/Praia Félix Promirim/Cazanga	2ª, 4ª e 6ª	1º t – das 06h00min às 14h20min
11	Sertão da Quinta/Tabatinga Sertão Ingá Arariba Rio da Prata Bonete/Pulso	3ª, 5ª e sábado	1º t – das 06h00min às 14h20min

Setor	Localidades	Frequência	Turno
12	Praia Grande Tenório	2ª, 4ª e 6ª	1° t – das 06h00min às 14h20min
13	Monte Valério Rio Escuro	3ª, 5ª e sábado	1° t – das 06h00min às 14h20min
14	Perequê Açu Bairro Praia	2ª, 4ª e 6ª	1° t – das 06h00min às 14h20min
15	Taquaral Sumidouro Usina Velha Pedreira Ressaca Bela Vista Marafunda	3ª, 5ª e sábado	1° t – das 06h00min às 14h20min

Fonte: Secretaria Municipal de Serviços e Infraestrutura Pública, 2015.

Figura 3-5 - Coleta de resíduos (RSD) realizada em Ubatuba



Fonte: Secretaria Municipal de Serviços e Infraestrutura Pública, 2015.

3.1.9 CENTRAL DE TRIAGEM

A infraestrutura desta central de triagem é dotada de 1 balança, 2 prensas para papel, papelão e plásticos, 1 prensa para metais, com capacidade de processar cerca de 1 t/dia de materiais considerados potencialmente recicláveis.

Segundo o PMGIRS, na central de triagem trabalham com 11 funcionários, 8 na triagem e 3 na coleta. Atualmente as condições das instalações estão precárias e necessitam de reestruturação (Figura 3-6) resultando em uma coleta de 6.850 kg, comercialização mensal de 4.110 kg e rejeitos de 2.740 kg, representando 40 % do coletado, segundo o . A produtividade das 8 pessoas envolvidas é muito baixa quando comparamos a outros processos de triagem na ordem de 20-30 kg/pessoa/hora, gerando em torno 8 kg/pessoa/hora.

Figura 3-6 - Unidade de Triagem de Ubatuba – Fardos de reciclagem e prensas



Fonte: Secretaria Municipal de Serviços e Infraestrutura Pública, 2015.

Após classificação e processamento, os materiais são destinados tanto para reutilização quanto para venda em alguns dos 37 depósitos de sucata distribuídos na cidade. Por lei, os valores arrecadados provenientes da coleta seletiva são depositados no Fundo Social de Solidariedade Municipal, criado pelo Decreto 5689/2013.

Os recicláveis estão sendo comercializados pela Prefeitura conforme os seguintes preços de venda:

Tabela 3-7 – Preços por materiais recicláveis

Recicláveis	R$ / kg
Papelão	0,30
Papéis (branco, jornal, revista)	0,10
Plásticos finos mistos	0,40
PEAD branco	0,70
PEAD colorido	0,60
PET (leitoso, cristal, verde)	0,90
PET óleo	0,30
PET azul	0,55
Plásticos mistos	0,30
Vidros	0,10
Metais ferrosos	0,20
Tetrapak	0,15

Fonte: Secretaria Municipal de Serviços e Infraestrutura Pública, 2015.

Duas empresas, Reciclagem Central e Mineiro Reciclagem, são licenciadas como postos intermediários de sucata para triagem, processamento e destinação final para usinas de reciclagem situadas do Vale do Paraíba. A empresa Reciclagem Central que processa em média 1,5 ton/dia de sucata, em uma área com aproximadamente 1.000m², sendo 600 m² de área coberta onde estão situadas bancada de triagem, a balança, as prensas para empacotamento e o local de armazenamento. A empresa trabalha com 10 funcionários próprios e movimenta uma economia informal com mais de 100 pessoas, entre catadores, carroceiros de materiais recicláveis, caminhoneiros e ajudantes (Figura 3-7 e Figura 3-8). Não há dados da empresa Mineiro Reciclagem.

Figura 3-7 - Empresa Reciclagem Central – pátio de triagem



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Figura 3-8 - Empresa Reciclagem Central – pátio da prensa e acondicionamento



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

3.1.10 TRANSBORDO, TRANSPORTE E DESTINAÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS

Em 2014, a Prefeitura Municipal de Ubatuba buscou alternativas para melhoria da logística de destinação final dos resíduos, dentre elas destacam-se a readequação do antigo "lixão" como Unidade Transbordo, e na transferência do local de disposição final dos resíduos, que passou do município de Tremembé/SP para Jambeiro/SP. A gestão é feita pela empresa ENGEP Ambiental Ltda, situada no município de Jambeiro/SP, desde 2014.

Junto com medidas de recuperação ambiental, firmadas através de TAC em 2009, a área do antigo "lixão" foi devidamente licenciada pela CETESB como Unidade de Transbordo de Ubatuba, conforme Licença de Operação n° 68000103 e possui validade até 14/02/2019. As atividades licenciadas são de destinação intermediária dos resíduos sólidos domiciliares. A unidade está, situada na Rua do Saneamento, s/n, bairro do Ipiranguinha, Ubatuba/SP. Possui área total de 5.600,00m², sendo 2.461,00m² dedicados para atividades ao ar livre e com 321,10m² de área construída. (Licença anexada ao Relatório).

Ao todo, para atender ao pico sazonal, chegam a ser mobilizadas 8 carretas para o transporte dos resíduos até a unidade de disposição final.

Figura 3-9 - Vista aérea da unidade de transbordo municipal



Fonte: Elaborado pelo autor na base de Google Earth, 2015.

A unidade de disposição final, UTGR, está localizada na Estrada Municipal Olavo Vieira Vilela, km 4, Fazenda São João, bairro Capivari e Varado, município de Jambei-

ro/SP, localizado pelas coordenadas UTM E 423.060 m e N 7.425.930 m, a cerca de 6,5 km da cidade.

Figura 3-10 - Localização da UTGR em relação à Rod. dos Tamoios



Fonte: Elaborado pelo autor na base de Google Earth, 2015.

Figura 3-11 - Vista aérea da UTGR Jambeiro



Fonte: Elaborado pelo autor na base de Google Earth, 2015.

A empresa ENGEP Ambiental Ltda. gerencia a UTGR Jambeiro com Licença de Operação Parcial (LO) de n° 57001392, expedida pela CETESB e com validade até 27 de dezembro de 2018. A gleba onde está inserido o aterro apresenta uma área total de 1.389.926,35 m² e com perímetro de aproximadamente 5,5 km.

A presente licença refere-se à Fase 1C do aterro de resíduos sólidos não inertes (classe IIA) e inertes (classe IIB), segundo classificação da NBR 10.004/04 da ABNT, com área de 5.436,07 m² para atividades ao ar livre, com capacidade volumétrica de 95.416,44 m³, com operação da Fase 1 até a cota 775 m, além da seguinte instalação de apoio: oficina, almoxarifado e lavador de equipamentos que totalizam 360 m².

3.2 Resíduos Sólidos de Limpeza Pública – RLP

Configuração da divisão dos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos:

Tabela 3-8 - Serviços de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos

Grupo	Atividade	Executor
Resíduos de Limpeza pública **RLP**	Varrição de passeios, vias e praias	Prefeitura Municipal Empresa Municipal
	Manutenção de passeios e vias	Prefeitura Municipal 20 % Empresa Terceirizada 80 %
	Manutenção de áreas verdes	Prefeitura Municipal
	Limpeza pós feiras livres	Prefeitura Municipal
	Manutenção de bocas de lobo	Prefeitura Municipal Empresa Municipal
Resíduos sólidos domiciliares **RSD**	Coleta e translado	Empresa Terceirizada
	Transbordo e transporte	Empresa Terceirizada
	Reaproveitamento e/ou tratamento	Prefeitura Municipal
	Destinação final	Empresa Terceirizada
Resíduos da construção civil **RCC**	Coleta e translado	Empresas diversas
	Reaproveitamento e/ou tratamento	Empresa Municipal
	Destinação final	Ruas não pavimentadas
Resíduos de serviços de saúde – RSS	Coleta e transporte	Empresa Terceirizada
	Tratamento	Empresa Terceirizada
	Destinação final	Empresa Terceirizada

Fonte: Secretaria Municipal de Serviços e Infraestrutura Pública, 2015.

A própria Prefeitura Municipal assume a execução de parte dos serviços, enquanto terceiriza outros a partir de empresa pública e outras empresas privadas.

3.2.1 LIMPEZA PÚBLICA

A limpeza pública é executada em regime misto em que empresas terceirizadas e públicas assumem diferentes responsabilidades. Atualmente a SANEPAV atua com 25 funcionários da prefeitura. Os funcionários se dividem em equipes, que atuam sozinhos ou em duplas e se alternam nas funções de varrer, capinar e juntar os resíduos das praias, quiosques, praças e ruas, recolhendo e depositando-os no lutocar.

Principais serviços de limpeza pública realizados no município:

Varrição	•A varrição de passeios e vias é realizada manualmente e diariamente, atendendo cerca de 38% da população contida dentro do perímetro urbano, que engloba a orla do Perequê–Açú, orla do Cruzeiro, Barra da Lagoa, Praia Grande, Itaguá e as principais ruas da região central do município. Durante a temporada, essa varrição é intensificada nestes locais.
Manutenção de Passeios e Vias	•Serviços de capina das ervas espontâneas nos pisos, de roçada dos matos e de raspagem da poeira acumulada pelas águas de chuva e da areia trazida pelos ventos. Este material é considerado RLP. •Estes serviços são executados cerca de 20% pela Prefeitura e 80% por empresa terceirizada, compostas por equipe padrão, com periodicidades de atendimento em cada local variando em função das características dos locais atendidos e da intensidade das chuvas que interferem na proliferação das ervas espontâneas e matos.
Manutenção de Áreas Verdes	•Serviços de corte de gramíneas e de poda de árvores, se restringindo ao perímetro urbano. Estes serviços também são executados por uma equipe padrão, com periodicidades que variam em função do crescimento da vegetação, da intensidade das chuvas e da época adequada de corte e poda para cada espécie. Os resíduos vegetais resultantes destes serviços também vão para a EMDURB - Empresa Municipal de Desenvolvimento Urbano.
Limpeza de feiras livres	•Realizada através da varrição pela Prefeitura Municipal e o recolhimento dos resíduos sólidos pela empresa terceirizada. A feira é realizada todo sábado na Praça Benedito Ignácio Pereira (Bip). A coleta dos resíduos gerados por este tipo de limpeza é realizado nos mesmos caminhões que atendem à coleta domiciliar, conduzindo-os para unidade de transbordo, de onde são encaminhados para a unidade de destinação final na UTGR Jambeiro.

Manutenção de bocas de lobo	• Realizada através da limpeza, desobstrução e recolhimento dos resíduos que são compostos quase sempre por poeira, terras sedimentadas pelas águas das chuvas, resíduos diversos que são despejados irregularmente e não foram coletados e, principalmente, pelas areias trazidas pelos ventos. A manutenção é realizada parcialmente por funcionários da EMDURB e da Prefeitura. Quando não são descartados em áreas de "bota-fora", estes resíduos são parcialmente reutilizados pela EMDURB e o restante é transportado por caminhões basculantes até o transbordo, onde são incorporados aos RSD e RLP, para serem transportados até UTGR Jambeiro.

Assim como os resíduos volumosos (ex: sofás, geladeiras, fogões), o resíduo verde resultante da poda, capina e supressão de espécies arbóreas realizadas por particulares, tais como residências, comércios, condomínios, empresas e demais instituições, são encaminhados para a EMDURB ou para uma das 15 áreas irregulares de "bota fora" identificadas no município (Figura 3-12).

Figura 3-12 - Exemplo de área utilizada como "bota-fora" irregular



Fonte: Secretaria Municipal de Serviços de Infraestrutura Pública, 2015.

Figura 3-13 - EMDURB – Destinação da poda verde e triturador de galhos



Fonte: Secretaria Municipal de Serviços de Infraestrutura Pública, 2015.

Há licença prévia/instalação, nº 35000056 emitida em 2011 em área total de 72.000 m², construída 77,36 m² e atividade ao ar livre 9.736,09 m² situada na Rod. Oswaldo Cruz, s/n, km 89, bairro Horto, CEP 11.680-000, que receberá resíduos vegetais para beneficiamento e produção de composto vegetal a ser utilizado como adubo, com capacidade de processamento até 10 t/dia. Os outros tipos de resíduos que podem, eventualmente, ser encontrados misturados à poda, em quantidades não significativas, serão separados na triagem e acondicionados em caçambas para posterior disposição final devidamente licenciada pela CETESB.

Um dos objetivos da compostagem pode ser produzir adubo para a agricultura, a qualidade exigida do composto deve seguir padrões definidos pelo Ministério da Agricultura. Neste caso, a segregação rigorosa dos orgânicos é muito importante.

Hoje os agricultores do município, utilizam os seguintes tipos de adubo:

Tabela 3-9 – Tipos de adubo e seus preços

Adubos	Preço (R$)	Unidade (kg)	*Quantidade de aduba utilizada por agricultor/ano (kg)
Esterco de galinha	20	50	2.000
Esterco galinha processado	10	20	2.000
Esterco codorna	15	40	2.000
Esterco vaca	20	50	1.200
Composto de palha de coco com peixe	100	1.000	3.000
Farinha de osso	60	50	2.000

Adubos	Preço (R$)	Unidade (kg)	*Quantidade de aduba utilizada por agricultor/ano (kg)
Farelo de trigo	40	40	2.000
Farelo de mamona	65	50	1.200
Torta de mamona	60	50	1.200
Sulfato de potássio	80	25	1.000
Yoorin	130	40	480
Agrobil (biofertilizante)	2	Litro	300 l/ano
Condicionador de solo	23	25	10.000/ano

*Dados não estatísticos. Valores aproximados fornecidos pelos produtores agrícolas de Ubatuba a Secretaria Municipal de Agricultura, Pesca e Abastecimento em agosto de 2015.

Fonte: Secretaria Municipal de Agricultura, Pesca e Abastecimento, 2015.

Quantitativo de resíduos de limpeza pública:

Tabela 3-10 - Quantidade de resíduos coletados

Resíduos	Quantidade coletada
Varrição e Volumosos	432 t/m
Verdes	15 m³/d – ca. 120 t/m
Feiras livres	6 t/m dado do plano
Limpeza de praia/orla	5 a 7 m³/d

Fonte: Secretaria Municipal de Serviços de Infraestrutura Pública, 2015.

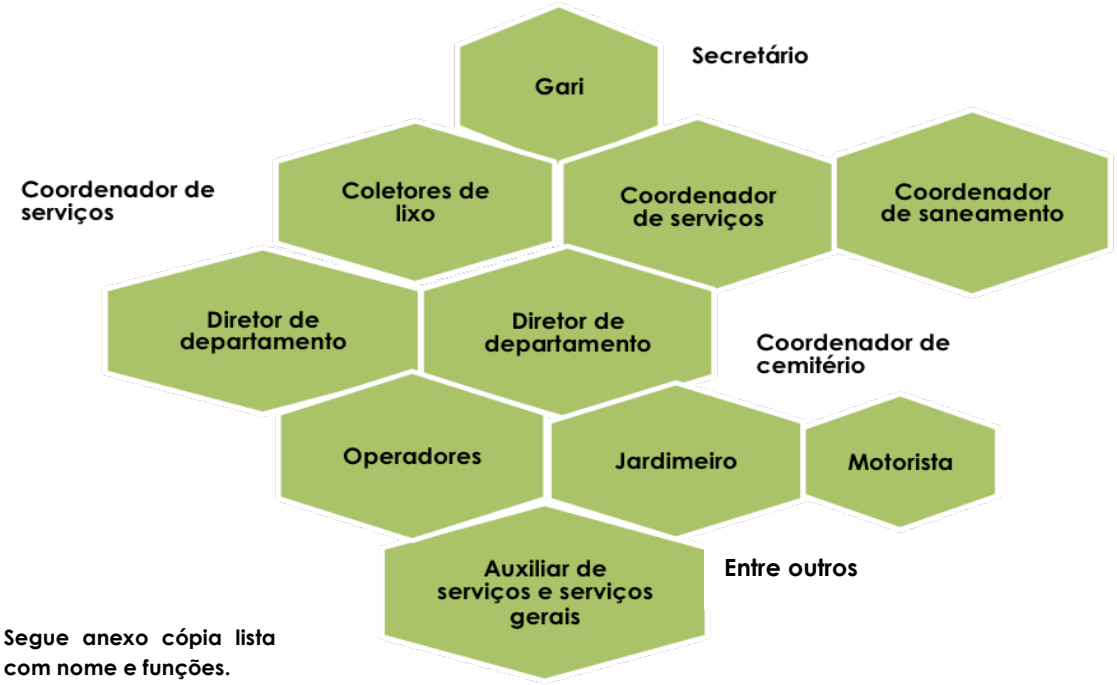
Equipamentos disponíveis para limpeza urbana:

Tabela 3-11 - Equipamentos

Equipamento	Quantidade
Pá carregadeira W20	1
Caminhão basculante	3
Apas, enxadas, rastelos, foice, roçadeira	Sem dados

Fonte: Secretaria Municipal de Serviços de Infraestrutura Pública, 2015.

Atuam na Secretaria Municipal de Serviços e Infraestrutura Pública 158 profissionais em diferentes funções:



3.3 RESÍDUOS DE CEMITÉRIO

O município possui quatro cemitérios, a saber:

- Cemitério Santa Cruz, situado no centro da cidade;
- Cemitério Bela Vista, situado no bairro do Ipiranguinha na zona oeste do município;
- Cemitério da Maranduba, situado no bairro de mesmo nome na zona sul e;
- Cemitério do Ubatumirim, situado na zona norte da cidade.

Os resíduos dos cemitérios municipais, provenientes da limpeza geral das dependências da instituição, são armazenados em local isolado dos visitantes. Tais resíduos são recolhidos pela Prefeitura, destinados para o transbordo e posteriormente, levados para a UTGR Jambeiro.

3.4 RESÍDUOS INDUSTRIAIS E DE SANEAMENTO

Resíduos Industriais

- Os resíduos industriais ficam a cargo das empresas para coleta e destinação final e a Prefeitura não possui registro de sua produção. No entanto para o licenciamento das atividades das empresas é exigido o plano de gerenciamento de resíduos que são vinculados aos procedimentos padrões de licenciamento da CETESB.
- As atividades industriais: Produção de bens de consumo não duráveis, principalmente em atividades de pequenos sistemas de produção e processamento artesanal de alimentos.

Resíduos de Saneamento

- Os resíduos de saneamento são oriundos das operações da SABESP (concessionária de água e esgoto) e da COAMBIENTAL (Cooperativa de tratamento de esgoto - Bairro da Praia Grande). Ambas coletam e armazenam o lodo em área própria e encaminham à destinação final em aterros sanitários licenciados. Atualmente a Sabesp efetua o tratamento de água no município por filtração direta, sem a necessidade de aplicação de produtos químicos para coagulação e floculação, desta forma não há produção de lodo significativa.

Tabela 3-12 - Quantidade de lodos de ETE e valores de transporte, processamento e local de processamento

ETE	GERAÇÃO	VALOR (Transporte e disposição final)	DESTINAÇÃO FINAL
SABESP Estações: Itaguá; Ipiranguinha e Toninhas.	690 t/ano	R$ 170.000,00	Aterro Sanitário de Jambeiro
COAMBIENTAL	55 t/ano*	R$ 63,50/t (transporte) R$ 95,00 (disposição final)	Aterro Sanitário de Jambeiro

*Em 26 e 27 de dezembro 2014 foram transportadas para Unidade de Tratamento e Gestão de Resíduos de Jambeiro (UTGR Jambeiro), de gestão da empresa ENGEP Ambiental, 96,47 t de lodo

Fonte: ENGEP Ambiental, 2015.

3.5 RESÍDUOS DA ZONA RURAL E DAS ATIVIDADES AGROSSILVOPASTORIS

As atividades agrícolas e pecuárias tem a atuação de comunidades caiçaras e produtores independentes, com destaque para os produtores das lavouras permanentes e temporárias de palmito, banana, mandioca e gengibre. A pecuária é voltada à subsistência e é de pouca expressão.

Ainda que a aquisição de insumos e produtos próprios para controle de pragas seja regulamentada por lei, assim como o descarte de suas embalagens, a maioria dos produtores adquirem, para as atividades agrossilvopastoris, os produtos e insumos agropecuários de forma irregular, sem receituário e de maneira indiscriminada. Sem controle de vendas, também não há controle do descarte dos resíduos. Existem pontos de deposição irregular de resíduos onde a coleta não obedece a uma rotina, ou locais mais afastados que nem recebem o serviço de coleta. Nestes locais os proprietários queimam, ou enterram seus resíduos, ou ainda acabam incorporando-os ao resíduo doméstico.

A Polícia Ambiental e a Vigilância Sanitária realizam fiscalizações periodicamente, autuando as diversas irregularidades que variam desde utilização de agrotóxicos e herbicidas sem licença até áreas irregulares de "bota-fora". O município não dispõe de dados quali-quantitativos dos resíduos rurais e agrossilvopastoris.

3.6 RESÍDUOS PNEUMÁTICOS

As borracharias, distribuidores e comerciantes de produtos pneumáticos são responsáveis pela Logística Reversa dos resíduos que produzem. Mesmo assim, os resíduos pneumáticos, que não são recolhidos pela logística reversa, são recebidos e armazenados na unidade de transbordo dos recicláveis, onde a empresa RECICLANIP retira os pneus quando solicitado, podendo ainda serem vendidos pela Associação de Catadores (Figura 3-14). Não há dados de quantificação ou estimativa destes resíduos gerados, seja por doação, acúmulo, projetos de reutilização ou parceria com a comunidade.

Figura 3-14 - Foto da Unidade de Transbordo de Ubatuba – Destinação dos resíduos pneumáticos



Fonte: Secretaria Municipal de Serviços de Infraestrutura Pública, 2015.

3.7 RESÍDUOS SÓLIDOS PERIGOSOS E ELETRÔNICOS

Atualmente, tanto os resíduos perigosos quanto os resíduos eletrônicos são descartados nos postos de venda que possuem pontos de coleta próprios (ex: lojas de materiais de construção e lojas de artigos eletroeletrônicos.

Como o tratamento e destinação final destes resíduos são feitos pela logística reversa e pela iniciativa privada, o poder público atua quando solicitado, acionando a coleta seletiva para tal destinação, mas apenas no caso de resíduos eletrônicos, que não possuam material perigoso na sua composição.

O município não possui dados sobre quantidades geradas, destinadas e recicladas referentes aos resíduos eletrônicos. Importante enfatizar que esta não é só uma exclusividade do município, mas uma realidade nacional.

3.8 RESÍDUOS DO SERVIÇO DE SAÚDE – RSS

RSS

- os resíduos de serviços de saúde são coletados pela empresa terceirizada Sanepav Saneamento Ambiental LTDA em 100% dos estabelecimentos públicos, dos hospitais e postos de saúde, dos estabelecimentos privados, clínicas, laboratórios, clínicas veterinárias, consultórios odontológicos;
- Os RSS produzidos nos domicílios são coletados pelos agentes de saúde, ou são levados pelo próprio usuário ao posto de saúde mais próximo, para posteriormente serem coletados pela empresa terceirizada;
- Os animais mortos são encaminhados pela vigilância sanitária municipal para empresa coletora terceirizada, assim como as clinicas veterinárias particulares também encaminham os animais para empresa (figura 20).

Figura 3-15 - Caminhão que realiza a coleta de RSS

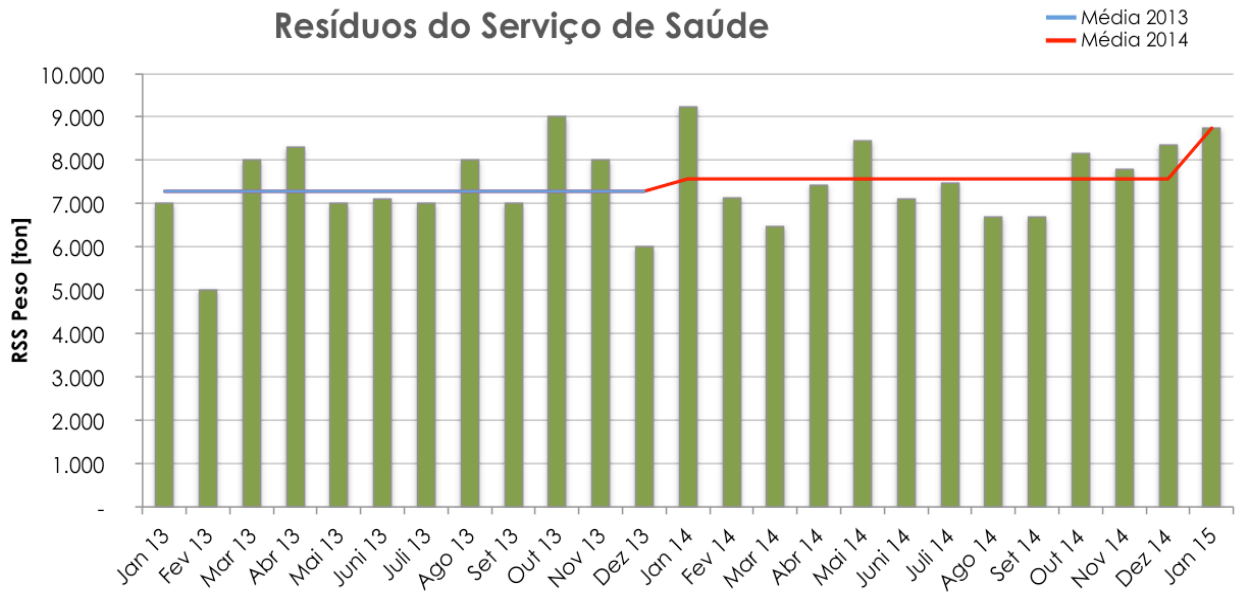


Fonte: Secretaria Municipal de Serviços de Infraestrutura Pública, 2015.

Após coleta, todos estes resíduos são pesados na mesma balança municipal existente na unidade de transbordo e, são transportados para fora do município de Ubatuba pela Sanepav, para incineradores do Grupo Pioneira Ambiental , com sede na Rua Marechal Rondon, nº 55, Suzano/SP. Os incineradores próprios da empresa estão situados tanto na cidade de Suzano quanto em Pindamonhangaba e atendem todas as normativas vigentes (Conama, CETESB, NBR, ISO, etc.).

O gráfico abaixo apresenta a quantidade de RSS coletado mensalmente no período de janeiro de 2013 até janeiro de 2015, cuja fonte de dados foi o relatório dos manifestos de carga da própria empresa.

Figura 3-16 – Quantidade de RSS por mês



Fonte: Elabora pelo autor na base do Grupo Pioneira, 2015.

3.9 RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL – RCC

RCC

- Abrangem os entulhos gerados pela construção civil, gerados a partir de obras novas, reformas e/ou demolições.
- A maior parte dos RCC é coletada por 11 empresas da iniciativa privada que alugam caçambas estacionárias. Essas são retiradas e levadas para pátios onde os RCC são separados manualmente e não ocorre o processamento.
- Os RCC são revendidos e reutilizados como aterro em terrenos particulares, que geram uma economia significativa aos comércios locais.
- Os RCC que são descartados irregularmente nos logradouros, são retirados pela própria Prefeitura e encaminhados à EMDURB.

Há área licenciada, licença de instalação nº 35000057 emitida em 2011, para reciclagem de resíduos da construção civil situada à Rod. Oswaldo Cruz, s/n, km 89, Bairro Horto, CEP 11.680-000, área total de 72.000 m², 77,36 m² de área construída e 1.593,11 para atividades ao ar livre. A área do presente licenciamento receberá resíduos da construção civil para beneficiamento e produção de agregado para uso imediato na construção civil (obras públicas). Os outros tipos de resíduos que podem, eventualmente, ser encontrados misturados aos inertes da construção civil, em quan-

tidade não significativas, serão separados na triagem e acondicionados em caçambas para posterior destinação final devidamente licenciada pela CETESB.

Nesta área licenciada, o processamento de resíduos advindos da construção civil tem autorização de processamento de até 30 m³/dia.

Existem 8 funcionários disponíveis para o processamento de resíduos de construção civil, sendo que estes podem atender também ao processamento na forma de compostagem:

Tabela 3-13 – Funcionários nos processamentos de RCC e equipamento utilizados

Função	Quantidade
Controlador de acesso	1
Operador de máquina	1
Operador braçal	6
TOTAL	8
Equipamento	
Pá carregadeira	1 (inoperante)
Britador	1

Fonte: Secretaria Municipal de Serviços de Infraestrutura Pública, 2015.

Embora já tenham obtido a licença, apenas 1 % de todo RCC, em média cerca de 12 m³ por dia é enviado para empresa, este é processado pela britadeira e depois reaproveitado em ruas não pavimentadas, como base asfáltica. A maior parte dos RCC é coletada por 11 empresas da iniciativa privada que alugam caçambas estacionárias.

Essas são retiradas e levadas para pátios onde os RCC são separados manualmente e não ocorre o processamento. Os RCC são revendidos e reutilizados como aterro em terrenos particulares, que geram uma economia significativa aos comércios locais. Os RCC que são descartados irregularmente nos logradouros, são retirados pela própria Prefeitura e encaminhados à EMDURB.

Tabela 3-14 – Empresa caçambeira

Empresa	Contato
Toninho Terraplanagem	(12) 38323410 ou (12) 38326725

Fonte: Secretaria Municipal de Serviços de Infraestrutura Pública, 2015.

Os RCC são revendidos e reutilizados como aterro em terrenos particulares, que geram uma economia significativa aos comércios locais. Os RCC que são descartados irregularmente nos logradouros, são retirados pela própria Prefeitura e encaminhados à EMDURB.

Há áreas disponíveis para ECOPONTOS no município, sendo sua localização:

- EMDURB
- REGIONAL SUL
- TRANSBORDO
- PRAÇA BIP

4 Identificação dos problemas oriundos da inadequação no manejo ou deficiência da gestão ou sistema atual segundo o PMGIRS

Temas	Problema
Gestão	✓ Não existe acompanhamento e uma metodologia de trabalho bem definidos; ✓ Há necessidade de adequações em todos os procedimentos que envolvam os RSD e a significativa importância e relevância da sazonalidade na gestão dos resíduos, pois há aumento significativo em períodos com intensas atividades turísticas, além dos demais entraves a serem superados, de modo que o município esteja de acordo com as recomendações da PNRS. ✓ Dificuldade de se encontrar local apropriado para instalação de um aterro sanitário no próprio município, cuja planície é predominantemente arenosa e cujas encostas, em sua quase totalidade, estão englobadas por áreas protegidas. Por isso se faz necessário o estudo minucioso ambiental, econômico e social de tecnologias adequadas. ✓ Não existe dentro do orçamento próprio do município, salvo um improvável grande aumento da arrecadação, a capacidade de executar os investimentos necessários em infraestrutura e equipamentos para atingir as metas estabelecidas pela PNRS nos prazos nela previstos. Assim sendo, a obtenção de recursos públicos estaduais e federais, assim como a captação de investimento privado, por meio de Parcerias Público Privadas ou outros mecanismos compatíveis, torna-se prioridade absoluta para a implementação deste Plano.
Educação Ambiental	✓ Não existe um programa específico de Educação Ambiental sobre resíduos sólidos ou comunicações sistemáticas direcionadas aos munícipes em geral, a respeito dos procedimentos da coleta, data, hora, mudanças, ou mesmo programas específicos para época de temporada; ✓ A educação ambiental é praticamente inexistente e se dá por algumas iniciativas da Sala Verde e de escolas que desenvolvem a temática.
Limpeza Urbana	✓ Precário em infraestrutura básica; ✓ As equipes necessitam de atualizações (informações na área de educação ambiental e segurança do trabalho; ✓ Destinação inadequada dos RLP, devido à utilização de "bota foras" ✓ Resíduos potencialmente compostáveis não estão sendo depositados na área municipal da EMDURB; ✓ Inexiste mapeamento da produção de resíduos verdes, gerada pela supressão de vegetação e capina no município, realizadas tanto pelo poder público quanto por

Temas	Problema
	particulares; ✓ A destinação final dos resíduos verdes ainda não é adequada, pois apenas uma parcela deles é destinada para o transbordo e a outra para a EMDURB, gerando um grande custo devido ao peso deste material; ✓ Parcela dos resíduos verdes são dispostas em terrenos utilizados como "bota fora", muitas vezes incorporado a outros tipos de resíduos, gerando um grande impacto ambiental e problemas de sanidade pública; ✓ desperdício de material verde que poderia ser transformado em composto para agricultura familiar, haja vista que existe esta demanda no Município por parte dos agricultores, ou ainda que poderia ser reutilizado como matriz energética (ex: lenha, carvão, biogás, etc.); ✓ Outro grande desafio é fazer com que a EMDURB, que possui área devidamente licenciada tanto para os resíduos vegetais, quanto para os resíduos da construção civil, opere com todo o seu potencial de funcionamento transformando os resíduos vegetais, juntamente com o coco verde, em compostos que poderão ser utilizados em canteiros públicos e para agricultura familiar local.
Resíduos domiciliares	✓ Serviço de coleta dos RSD, realizado por empresa terceirizada é desenvolvido a partir de um modelo de um termo de referência antigo e obsoleto impedimento à melhoria da qualidade e modernização dos serviços; ✓ Referente a coleta porta a porta, existem variações muito amplas nos horários e a metodologia apresenta problemas, pois quando os resíduos passam a ser acumulados em um único ponto, geralmente no meio da rua, ficam expostos aos animais e aves, gerando problemas de higienização e de sanidade pública, além de comprometer o trânsito; ✓ Durante a temporada, a logística de coleta também deixa a desejar, pois os acessos aos locais mais movimentados ficam muitas vezes obstruídos pelo trânsito e faz-se necessário o aumento do número de caminhões ou viagens, o que gera custos mais elevados; ✓ Número deficiente de caçambas estacionárias cobertas, uma vez que não atendem a necessidade do volume de resíduo produzido nestas épocas do ano; ✓ Nos bairros mais isolados, onde a coleta não é realizada porta a porta, e em praias mais movimentadas com grande produção de resíduos, as caçambas estacionárias disponíveis não possuem tampas, o que deixa os resíduos expostos, gerando um grande problema de poluição visual, de higienização e de saúde pública; ✓ A coleta dos RSD de todo o Município é custeada pela Prefeitura, não existe taxa específica para comércio e

Temas	Problema
	para os grandes geradores; ✓ Não tem uma política direcionada para a coleta seletiva, e tão pouco estruturação e infraestrutura para realizá-la; ✓ Atualmente opera-se somente com um caminhão compactador em estado precário, que não coleta 1 % dos resíduos potencialmente recicláveis, e somente a região central é atendida; ✓ O serviço é realizado por uma pequena equipe, sem planejamento e não há sistematização dos dados; ✓ Valores do mercado informal não chegam a totalizar 3 % do potencial de reaproveitamento dos resíduos potencialmente recicláveis; ✓ No município existe uma Associação de Catadores de Matérias Recicláveis COCO E CIA, devidamente regularizada. O município concedeu parta da área do transbordo municipal, os equipamentos do material e a infraestrutura que era operada pela Coleta Seletiva Municipal.
RCC	✓ são operados quase que em sua totalidade por empresas terceirizadas e os dados de geração, processamento e destinação são precários, pois não existe um controle satisfatório por parte do Poder Público, além das empresas não forneceram os dados adequadamente sistematizados; ✓ É necessária organização do setor, por meio da exigência do Plano de Gerenciamento dos RCC para empresas e a potencialização por parte da EMDURB em coletar, transformar e destinar os RCC para recapeamento das ruas e para a confecção de outros materiais, como tubulões por exemplo. Isso diminuiria o impacto ambiental devido o descarte irregular, além de diminuir os custos com o transbordo e gerar uma economia local significativa.
RSS	✓ Custos elevados desta prestação e esses valores não são repassados aos geradores, pois não existe taxa específica para clínicas, clínicas veterinárias, consultórios em geral, laboratórios particulares e demais geradores para coleta e destinação destes resíduos.
Unidade de transbordo	✓ O município possui mais de 100km de extensão, com diversas comunidades dispersas em locais de difícil acesso e com uma malha viária que fica sobrecarregada durante os períodos de temporada. Assim sendo os resíduos coletados da região Sul passeiam pela cidade até a sua disposição final no aterro de Jambeiro, isto é, ocorre a duplicação da quilometragem percorrida pelos resíduos, pois eles saem da região sul e vão para o transbordo, que fica na região oeste, e voltam para a região sul para a disposição final na UTGR Jambeiro, cuja rota dá-se no sentido Ubatu-

Temas	Problema
	ba – Caraguatatuba – Jambeiro. Isso implica em um aumento significativo dos custos financeiros e no risco comprometimento da qualidade ambiental devido à exposição do resíduo durante o transporte.
Transferência	✓ Altos custos decorrentes da necessidade de transportar os resíduos sólidos domiciliares do litoral até o planalto e o grande risco ambiental durante o transporte, o que confere à atual logística, um caráter temporário

A partir deste diagnóstico fica clara a necessidade de adequação da atual gestão dos resíduos sólidos do Município de Ubatuba à PNRS, pois existe uma herança histórica de gestão ineficiente e de defasagem ao acesso de tecnologias inovadoras, ambientais, economicamente e socialmente apropriadas para o município. Este histórico se reflete nos resultados precários apresentados neste diagnóstico e espera-se que a partir da implantação do PMGIRS, através de suas metas e plano de ações venha mitigar ou até mesmo sanar essas problemáticas.

5 Determinação do período de projeto

Esse planejamento do Conceito Tecnológico para a Gestão Sustentável de Resíduos Sólidos Urbanos de Ubatuba está de acordo com o preconizado na Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS (Lei Federal 12.305 de 02/08/2010) e seu Decreto nº 7.404 de 23/12/2010 e é uma continuidade às ações previstas no PMGIRS para o sistema de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos do município de Ubatuba. Incluem-se nessa proposta gestão compartilhada, a minimização de resíduos, coleta seletiva, a educação ambiental, tratamento dos resíduos sólidos, e, especialmente, às disposições do Art. 19 seus incisos III, XII e XV e Art. de 20 a 24, todos da PNRS. As questões ligadas à otimização das ações de pré-tratamento dos resíduos sólidos deverão ter atenção especial tendo em vista a diminuição dos rejeitos que serão encaminhados à disposição final. No plano de ações são propostas práticas em longo prazo, 20 anos, para implementação e funcionamento dos conceitos identificados.

6 Taxas de contribuições

O sistema de tarifas, taxas e preços públicos são as fontes primárias para o financiamento das ações de gestão dos resíduos sólidos. As tarifas, taxas e preços públicos devem, além de recuperar os custos operacionais, gerar um excedente para alavancar investimentos, quer sejam diretos (recursos próprios) e/ou com financiamentos, para compor a contrapartida de empréstimos e o posterior pagamento do serviço da dívida quer sejam indiretos através do estabelecimento de contrato de concessão.

6.1 Valor da taxa de limpeza pública e sua base de cálculo e valor planejado e arrecadado

Cobrança efetuada de acordo com o artigo 247 item letra A do C.T.M/Lei 1011/89 – (1404/94):

Tabela 6-1 – Cobrança efetuada

Tipo de área construída	Valor por área construída (em reais – R$)
Residencial	2,65
Não residencial	3,17

Fonte: C.T.M/Lei 1011/89 – (1404/94).

Tabela 6-2 – Valores orçado e arrecadado

Ano	Valor orçado (em reais – R$)	Valor arrecadado (em reais – R$)
2014	10.800.000,00	10.933.381,00
2015	12.500.000,00	9.445.782,92 (até o mês de agosto 2015)
Arrecadação nos últimos 12 meses (em reais – R$)		
11.363.742,95		

Fonte: Secretaria Municipal de Serviços de Infraestrutura Pública, 2015.

6.2 Histórico de inadimplência em 3 anos

Tabela 6-3 – Taxa de limpeza pública

Receita	2012		2013		2014	
	Quant.	Valor em aberto (em reais - R$)	Quant.	Valor em aberto (em reais - R$)	Quant.	Valor em aberto (em reais - R$)
Taxa de limpeza pública	6.434	3.236.788,18	7.584	2.248.088,75	8.832	2.621.820,30

Fonte: Secretaria Municipal de Serviços de Infraestrutura Pública, 2015.

Avaliando o ano de 2014 temos que o grau de inadimplência identificado no município representa 24 %.

6.3 QUANTIDADE DE IMÓVEIS

Tem-se o total de 56.921 imóveis (territorial) – 41.480 (com área construída) e 40.841 contendo lançamentos de taxa de limpeza, até agosto de 2015.

6.4 QUANTIDADE DE CONDOMÍNIOS (HORIZONTAIS E VERTICAIS)

Tabela 6-4 – Quantidade de condomínios

Situação	Ano 2015
Condomínios verticais	15.531
Condomínios horizontais	2.522

Fonte: Secretaria Municipal de Serviços de Infraestrutura Pública, 2015.

6.5 DESCRITIVO DE DESPESAS COM LIMPEZA URBANA TERCEIRIZADA

Tabela 6-5 – Despesas com limpeza urbana terceirizada

Empresa	Valor do contrato em 2014 (R$)
Sanepav (empresa de coleta)	6.329.453,50
Consórcio engetec (transbordo, transferência e aterro)	2.835.628,15

Fonte: Secretaria Municipal de Serviços de Infraestrutura Pública, 2015.

7 Projeção demográfica e de demandas

7.1 Projeção demográfica

Para o prognóstico da geração dos resíduos e análise da população flutuante cruzamos os dados de geração em alta e baixa temporada com os dados da população fixa, desta forma revisando os dados presentes no Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, PMGIRS.

A taxa de crescimento aritmético calculado entre o período de 2010 (população: 78.801) e 2015 (população: 86.392) no valor de 8,79 % em 5 anos, ou seja 1,75 % aa foi replicada para os períodos de 2020, 2025, 2030 e 2035.

Tabela 7-1 - Projeção de População fixa

Ano	População fixa estimada	Geração mensal média em t na baixa temporada (9 meses)	Projeção de crescimento na geração de resíduos na baixa	Geração mensal kg/hab/dia na baixa temporada (9 meses)
2013	84377	2472		0,977
2014	85399	2696	9,1 %	1,052
2015	86392	2730	1,3 %	1,053
2020	93983	2960		
2025	101574	3199		
2030	109165	3439		
2035	116756	3678		

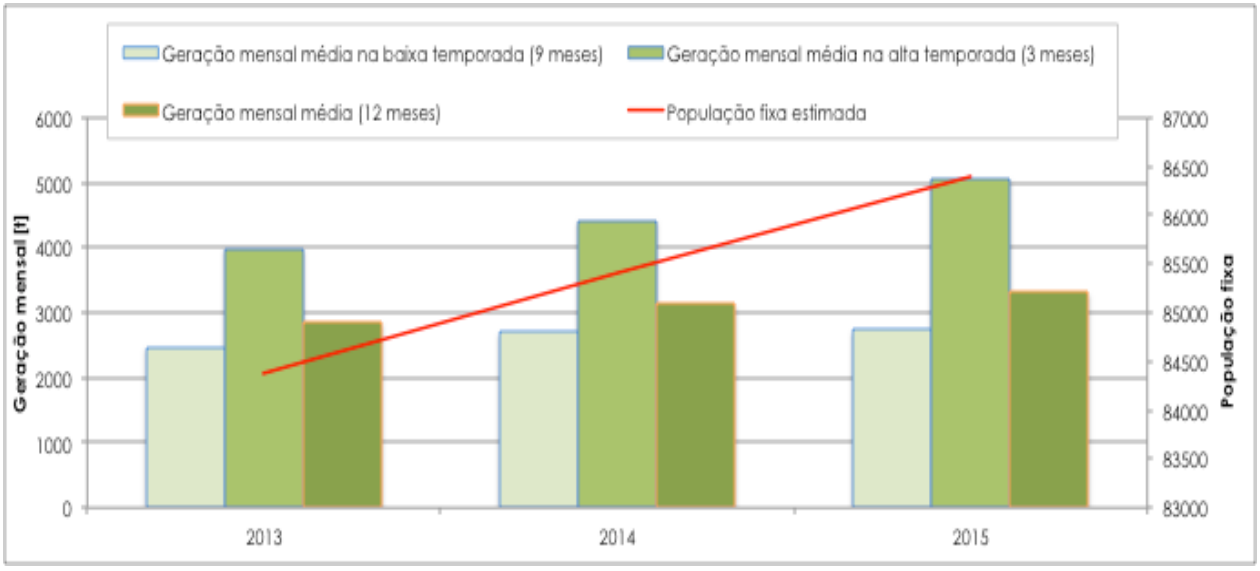
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Tabela 7-2 - Projeção de População fixa e flutuante

Ano	População fixa estimada	Geração mensal média em t na baixa temporada (9 meses)	Geração mensal média em t na alta temporada (3 meses)	Geração mensal média em t (12 meses)
2013	84377	2472	3991	2852
2014	85399	2696	4423	3128
2015	86392	2730	5056	3312

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Figura 7-1 – Projeção de população e geração mensal de RSD



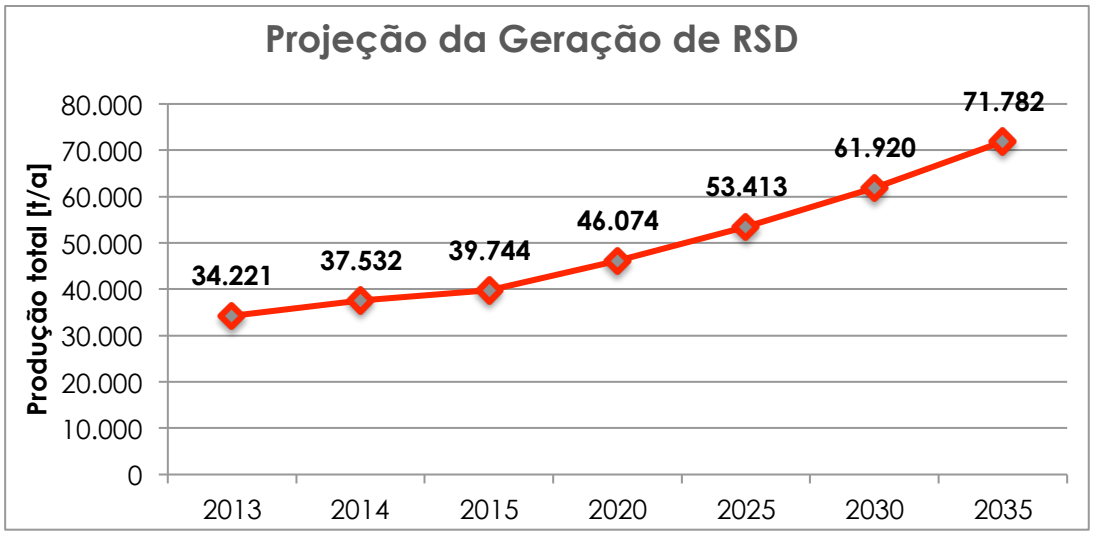
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

7.2 PROJEÇÃO DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS

7.2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES

Para o cálculo da geração futura de resíduos apesar do índice médio de crescimento de 9,0 % no período de 2013 a 2015, iremos adotar o valor de 3 % que corresponde a um aumento de 1,75 % aa decorrente do crescimento populacional e ainda 1,25 % de aumento na geração de resíduos com base nos programas futuros de redução na geração e alteração no padrão de consumo.

Figura 7-2 – Projeção da geração de RSD



Fonte: Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - MUNICÍPIO DE UBATUBA, 2015.

Tabela 7-3 - Projeção da produção máxima de Resíduos Sólidos Domiciliares

Ano	Produção (t/a)	Produção (m/a)	Projeção de crescimento na geração total de resíduos (%)
2013	34.221	2852	
2014	37.532	3128	9,7
2015 (jan-ago – 26.494 t)	**39.744**	**3312**	**8,3**
2016	40.936		3,0
2017	42.164		3,0
2018	43.429		3,0
2019	44.732		3,0
2020	**46.074**	**3840**	**3,0**
2021	47.456		3,0
2022	48.880		3,0
2023	50.346		3,0
2024	51.857		3,0
2025	**53.413**	**4451**	**3,0**
2026	55.015		3,0
2027	56.665		3,0
2028	58.365		3,0
2029	60.116		3,0
2030	**61.920**	**5160**	**3,0**
2031	63.777		3,0
2032	65.690		3,0
2033	67.661		3,0
2034	69.691		3,0
2035	**71.782**	**5982**	**3,0**

Fonte: Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - MUNICÍPIO DE UBATUBA, 2015.

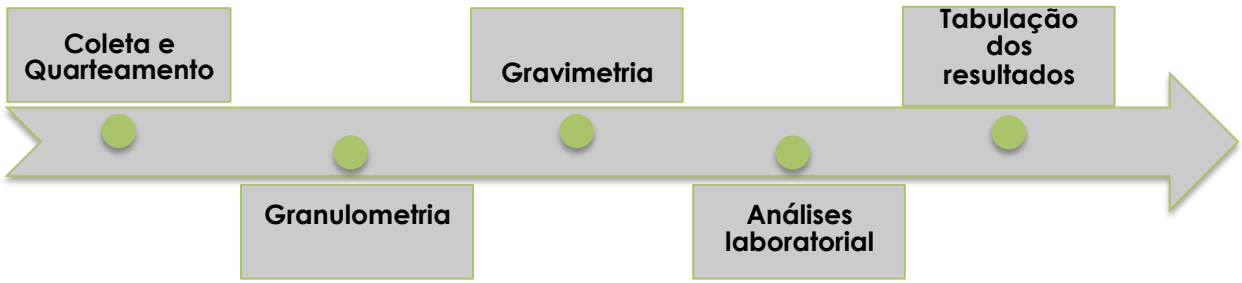
8 Caracterização dos Resíduos Sólidos Domiciliares de Ubatuba

8.1 Metodologia

A base de uma caracterização de resíduos sólidos domiciliares é formada por uma porcentagem representativa estabelecida durante a fase de amostragem onde deverão ser analisadas tanto a representatividade das rotas quanto a representatividade de cada amostra por caminhão analisado, permitindo assim extrapolar com segurança os resultados captados para todo o município. Desta forma, para a análise em Ubatuba se optou por investigar um percentual médio mínimo de 2 % do total recolhido nos caminhões, valor este quatro vezes superior à quantidade adotada na metodologia do mercado brasileiro e o dobro da metodologia alemã. Também definiu-se 8 rotas em 15 existentes que representam **56 %** do coletado no município.

A caracterização dos RSD de Ubatuba foi realizada no período de 10.-21.08.2015 nos dias úteis, identificando assim a influência da população flutuante que acontece durante os finais de semana. A metodologia de amostragem teve como principal objetivo mapear tecnologias passíveis de emprego no município e ocorreu segundo a seguinte ordem de execução: coleta dos resíduos sólidos domiciliares, quarteamento, análise granulométrica através de peneiramento, análise gravimétrica através da triagem, análise laboratorial e tabulação dos resultados.

Figura 8-1 – Ordem de execução da análise de RSD



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

8.1.1 Escolha das rotas

Para que as amostras analisadas representassem da melhor forma a realidade de geração dos resíduos domiciliares, foi necessário compreender o perfil das diferentes regiões sob domínio municipal.

A realização da coleta tradicional nas regiões norte, central e sul de Ubatuba está organizada/dividida por temporadas, nas quais caminhões estão operando em 15

rotas durante a baixa temporada e em 21 rotas durante a alta temporada e também através de coletas diurnas e noturnas. Das 15 rotas existentes em Ubatuba em baixa temporada, 8 rotas tradicionais foram escolhidas para análises e mais 2 rotas da coleta seletiva visando quantificar o potencial de recicláveis gerados no município e ainda qualificar a eficiência da coleta seletiva. Com relação à quantidade recolhida de cada rota para amostragem, foi adotada uma média de 135 kg que representa aproximadamente 2,2 % da massa total coletada pelo caminhão compactador.

A coleta tradicional é realizada na baixa temporada, em dias alternados, por 5 caminhões na coleta do dia e 3 caminhões na coleta noturna, e na alta temporada 10 caminhões de dia e 11 caminhões noturnos. As tabelas Tabela 8-1 e Tabela 8-2 demonstram as características das rotas adotadas para estudo retratando os fatores prosperidade, densidade de população, áreas de jardins e de comércio, assim como os bairros contemplados por cada rota e suas micro características. A indústria não está listada porque os bairros analisados não contêm áreas industriais.

Tabela 8-1 – Macro características das rotas abordadas

Rota	Prosperidade	Densidade de população	Áreas de jardins	Comércio
Extra	**Média/Alta**	**Média /Alta**	**Média/Alta**	**Média/Alta**
1	**Média/Alta**	**Alta**	**Média**	**Alta**
2	**Média/Alta**	**Média/Alta**	**Alta**	**Alta**
3	**Baixa/Média**	**Média/Alta**	**Baixa/Média**	**Baixa/Média**
4	Baixa/Média	Baixa/Média	Baixa/Média	Baixa/Média
5	**Média**	**Baixa/Média**	**Média**	**Baixa/Média**
6	Média/Alta	Baixa	Média/Alta	Média
7	Média/Alta	Baixa/Média	Média/Alta	Média
8	Média/Alta	Baixa	Média/Alta	Média
9	Baixa/Média/Alta	Baixa	Média/Alta	Média
10	**Média/Alta**	**Média**	**Média/Alta**	**Média/Alta**
11	Baixa/Média/Alta	Baixa/Média	Média/Alta	Baixa/Média
12	**Média/Alta**	**Média**	**Média/Alta**	**Média**
13	Baixa/Média/Alta	Baixa/Média	Média/Alta	Média
14	Média	Média/Alta	Média/Alta	Média
15	**Baixa/Média/Alta**	**Baixa/Média**	**Média**	**Baixa**

Fonte: Elaborado pelo autor tendo como base a caracterização setores, 2015.

Tabela 8-2 – Datas, Bairros e micro características

Data 2015	Rota	Bairro	Micro características
10.08.	**Extra**	Praia Grande / Repasse Itaguá / Praia Pereque Açú / Repasse Centro	Classe: Média/Alta
11.08.	**1**	Centro I e II	Região Central (Orla) e Bairro - Classe: Média/Alta, Comércios, moradores fixos, fluxo de gente local e turistas nos finais de semana e feriados
13.08.	**2**	Itágua / Pq Vivamar / Av Iperoig	Região Central (Orla) e Bairro - Classe: Média/Alta, Comércios, moradores fixos, fluxo de gente local e turistas nos finais de semana e feriados
12.08.	**3**	Sesmaria / Estufa II	Região Centro-Oeste - Classe: Baixa/Média, Moradores fixos, Bairro Estufa II - População (Alta), comércios
17.08.	**5**	Sumaré / Silope / Samambaia / Jd Carolina	Região Central e Centro Oeste - Classe: Baixa/Média, Moradores fixos, comércios;
18.08.	**10**	Barra Seca, Praia Vermelha do Norte / Itamambuca / Praia Felix / Promirim / Casanga	Região Norte (Orla) - Classe: Média/Alta, Casas de veraneio, em baixa temporada índice baixo de pessoas, exceto em feriados prolongados;
19.08.	**12**	Praia Grande / Tenório	Região Centro Sul (Orla) - Classe: Média/Alta, Casas de veraneio, em baixa temporada índice baixo de pessoas, exceto em feriados prolongados
20.08.	**15**	Taquaral / Sumidouro / Usina Velha / Pedreira / Ressaca / Bela vista / Marafunda	Região Centro Oeste e Norte - Classe: Baixa/Média/Alta, a maioria dos bairros desse setor é de moradores fixos

Fonte: Elaborado pelo autor na base de Caracterização setores, 2015.

A Tabela 8-3 abaixo apresenta os dados de coleta tradicional em Ubatuba e sua representatividade em peso por rota.

Tabela 8-3 – Representatividade por rota

Rota	Coleta tradicional [KG]	Quota de representatividade
Extra	**10.600**	**6,4 %**
1	**15.037**	**9,1 %**
2	**14.597**	**8,8 %**
3	**9.931**	**6,0 %**
4	12.362	7,5 %
5	**14.423**	**8,7 %**
6	7.321	4,5 %
7	14.054	8,5 %
8	4.794	2,9 %

Rota	Coleta tradicional [KG]	Quota de representatividade
9	6.254	3,8 %
10	**5.678**	**3,4 %**
11	8.824	5,3 %
12	**11.501**	**7,0 %**
13	8.623	5,2 %
14	10.702	6,5 %
15	**10.413**	**6,4 %**
Total	**165.114**	**55,8 %**

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Na Tabela 8-4 temos a representatividade de coleta de amostra por caminhão estudado.

Tabela 8-4 – Representatividade por caminhão

Rota	Coleta no projeto [KG]	Massa analisada [KG]	Porcentagem da coleta no projeto
Extra	5.660	119,95	2,12 %
1	6.850	155,4	2,27 %
2	8.560	117,4	1,37 %
3	6.900	161,35	2,34 %
5	6.910	126,15	1,83 %
10	7.590	141,05	1,86 %
12	4.290	126,7	2,95 %
15	2.180	127,7	5,86 %
Total	48.940	1.075,70	2,20 %
Média	**6.117,5**	**134,46**	**2,20 %**

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

As rotas da coleta seletiva de Ubatuba, suas micro características e a massa coletada durante o projeto são apresentados nas tabelas Tabela 8-5 e Tabela 8-6 abaixo. Uma média de 2.890 kg foi coletada, permitindo uma análise de 240,3 kg nestas duas rotas, que representa uma porcentagem da massa analisada de 8,31 %.

Tabela 8-5 – Características das rotas da coleta seletiva

Rota	Bairro	Micro características
CS 14.08.2015	Praia Vermelha/ Tenório	Região Orla Central - Classe Alta –/ Comércios, Pousadas e Casa de veraneio / Grande fluxo na alta temporada e feriados
CS 21.08.2015	Toninhas, Enseada, P. Mirim	Região Orla Sul - Classe: Média/Alta, Casas de veraneio, em baixa temporada índice baixo de pessoas exceto em feriados prolongados; Bairro Pereque Mirim: moradores fixos, Comércios locais, Morro;

Fonte: Elaborado pelo autor na base de caracterização setores do Sanepav, 2015.

Tabela 8-6 – Massa coletada na coleta seletiva

Rota	Coleta no projeto [KG]	Analisado no projeto [KG]	Porcentagem da massa analisada
CS 14.08.2015	1.800	115,15	6,40 %
CS 21.08.2015	1.090	125,15	11,48 %
Total	2.890	240,3	8,31 %
Média	**1.445,00**	**120,15**	**8,31 %**

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

8.1.2 QUARTEAMENTO

Após o caminhão compactador descarregar o resíduo em local pré-definido (Figura 8-2), as sacolas eram abertas manualmente, anteriormente à atividade de quarteamento, por uma equipe instruída, munida de facas e tesouras para facilitar a abertura. Esta intervenção expõe o conteúdo das sacolas e garante uma massa homogênea para o quarteamento.

Figura 8-2 – Quarteamento dos RSD



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Para a análise granulométrica, os resíduos foram sujeitos ao quarteamento conforme previsto na ABNT NBR 10007:2004. As atividades de segregação e coleta foram realizadas por uma escavadeira hidráulica e/ou retroescavadeira observando preservar a integridade da amostra durante o quarteamento.

Desta forma, com a abertura manual das sacolas e posterior homogeneização da massa total realizada pela retroescavadeira, observando para que a integridade física dos materiais fosse conservada, obtivemos uma massa total com grande representatividade de todos as classes de materiais.

Após a abertura das sacolas e homogeneização, iniciava-se o processo de quarteamento. A massa era separada em quatro partes, seguido pelo descarte de dois quartos opostos e a homogeneização dos dois quartos restantes. Esse processo era repetido até conseguir uma massa de aproximadamente 500 Kg. Os resíduos eram separados em quatro partes novamente, das quais foram retiradas as amostras em três até cinco contêineres identificados com a numeração de 01-05, todos com capacidade de 240 litros (Figura 8-3). Dos resíduos recicláveis da coleta seletiva foram retirados sete a dez contêineres.

Figura 8-3 - Separação e alimentação de contêineres depois do quarteamento



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

O peso bruto e o peso líquido dos contêineres eram anotados quando estes acondicionavam as amostras. Estes dados fizeram parte da planilha de cálculo e permitiram analisar as perdas durante a triagem dos materiais.

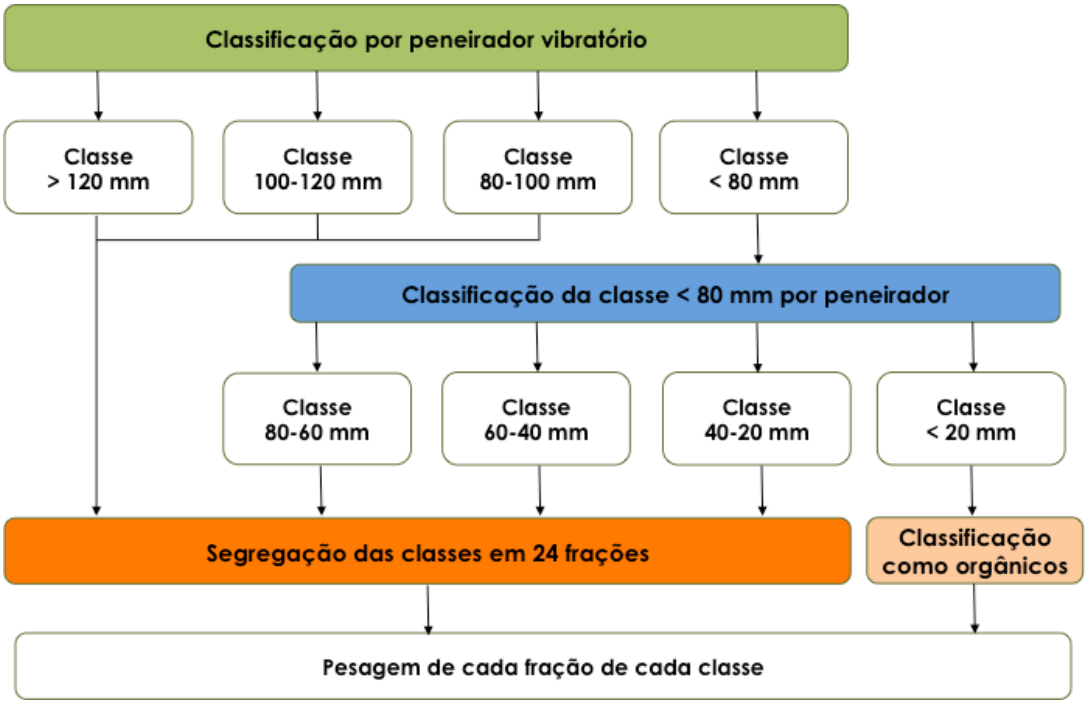
Para a realização da coleta total de amostras, abertura de sacolas e quarteamento levou-se em média uma hora com uma equipe de 5 pessoas.

8.1.3 GRANULOMETRIA

Após a pesagem bruta e líquida dos contêineres, iniciou-se o peneiramento do material em um equipamento mecânico e vibratório, sendo composto de seis peneiras com malhas quadradas de 20, 40, 60, 80, 100 e 120 mm conforme a Figura 8-4 e

Figura 8-5. As peneiras vibratórias foram escolhidas em detrimento das rotativas por garantir a integridade das frações, desta forma tendo menor perda de materiais. A atividade de peneiramento permite a representação granulométrica de cada fração presente na massa coletada de resíduos, através da determinação de porcentagem em peso de cada fração segundo a malha de peneiramento.

Figura 8-4 – Classificação granulométrica



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Figura 8-5 – Peneiras vibratórias



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Os contêineres continham numeração de 01 a 05, e a mesma ordem era seguida durante a fase de peneiramento. Na primeira etapa do peneiramento eram usadas as peneiras com malhas maiores (80, 100 e 120 mm), e em cada malha era recolhido o material retido e o mesmo era separado em sacos plásticos pretos de 60-100 litros identificados para posterior pesagem e triagem. Para não obstruir a passagem do material nas malhas, os resíduos dentro dos contêineres eram distribuídos paulatinamente na malha da peneira, sendo sempre observada a possibilidade ou não de se adicionar mais resíduos. Dessa maneira, após a passagem dos materiais nas malhas maiores, substituíam-se as três peneiras pelas de malhas menores (20, 40 e 60 mm), onde também era observada a possibilidade de se adicionar mais material conforme a vibração e fluxo do mesmo pelas malhas. Assim, o processo era repetido até finalizar o peneiramento de todo material contido no contêiner (Figura 8-6).

Figura 8-6 – Peneiramento e identificação das sacolas por classe granulométrica



Fonte: Elaborado pelo autor na base do Sanepav Saneamento, 2015.

8.1.4 GRAVIMETRIA

O processo de gravimetria se faz pela segregação dos materiais por meio de sua tipologia. Os resíduos já peneirados, separados em sacos pretos segundo sua granulometria e pesados, eram então transferidos à mesa de triagem. Durante essa análise, utilizou-se a triagem manual por propriedades físicas e magnéticas, esta última no caso da distinção dos metais ferrosos e não ferrosos. A triagem era realizada por equipe de aproximadamente 14 pessoas.

Deste modo, dentro de cada classe granulométrica, os resíduos da coleta tradicional eram separados em 24 frações (Tabela 8-7):

Tabela 8-7 – Classes de materiais oriundos da coleta tradicional

Fração	Materiais pertentes da fração
Papel	Papel, jornais, revistas, etc.
Papelão	Embalagens de papelão, papel cartão, cartão canelado etc.
TETRAPAK	Embalagens de cartão de alimentos líquidos da empresa Tetra Pak
Higiênicos	Papel higiênico, guardanapos, papéis sujos, etc.
Fraldas	Fraldas, absorventes
Plástico 2D	Sacos pretos, sacolas coloridas, sacolas transparente e outros plásticos finos
Plástico 3D	Embalagens de Polipropileno (PP), ex.: copos plásticos; Embalagens de PEAD, ex.: garrafas de detergente (de roupa); Garrafas de tereftalato de polietileno (PET), ex.: para bebidas; PET Óleo, ex.: embalagens de maionese e óleo de cozinha; Embalagens de poliestireno (PS), ex.: copo de iogurte
PVC	Embalagens de Policloreto de Vinila. Ex: Garrafa de xampu, tubulações
Isopor	Embalagens de isopor, ex.: pratos para frios, embutidos, queijos
Plásticos com papel	Embalagens de plástico com alumínio
Vidro	Garrafas, copos e cacos de vidro
Minerais	Pedras, louça, cerâmica, resíduos da construção civil
Madeira	Madeira de construção, tratada
Verdes	Galhos, troncos, folhas verdes, resíduos oriundos da jardinagem, etc.
Couro	Sapatos, cintos, bolsas etc.
Borracha	Luvas de borracha, brinquedos de borracha, etc.
Têxtil	Roupas e restos de roupas, panos, esponjas e outras espumas etc.
Pilhas e baterias	Pilhas e baterias de eletrônicos
Metal ferroso	Latas de conservas, guarda-chuvas, esponjas de aço, outros metais ferrosos
Metal não ferroso	Latas de alumínio, papel de alumínio, embalagens de alumínio, outros metais não ferrosos
Orgânicos	Restos de comida, fezes, cocos, etc.
Contaminantes	Medicamentos, aerossóis, resíduos medicinais e químicos, eletrônicos, etc.

Fração	Materiais pertentes da fração
Rejeitos	Material que não pode ser classificado pelas outras frações devido à pequena granulometria ou homogeneidade desses materiais
Cabos	Fios e cabos elétricos, ex.: USB, fiação elétrica etc.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Também foram classificadas especificamente as frações recicláveis presentes na coleta tradicional e na coleta seletiva segundo os enquadramentos retratados na Tabela 8-8:

Tabela 8-8 – Detalhamento das frações recicláveis

Material reciclável	
Papelão ondulado	Vidro Verde
Papelão misto	Vidro Marrom
Revista/jornal	Vidro Incolor
Papel Arquivo	Vidro Azul
Isopor	Metais ferrosos
PVC	Alumínio Lata
PEAD branco	Alumínio Marmitex
PEAD colorido	BOPP (Plástico com alumínio)
PET leitoso	Aparas Coloridas
PET cristal	Aparas Cristal
PET verde	Ráfia
PET óleo	Rejeitos
PET azul	Tetrapak
3D Mistão (PP)	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

As frações obtidas separadamente eram pesadas, fotografadas e parte delas eram encaminhadas para análise laboratorial. O restante das amostras foi descartado.

Para melhor manuseio dos resíduos a serem pesados, estes eram colocados em formas de alumínio (Figura 8-7). A tara destas formas era então descontada e a pesagem de cada fração anotada nas planilhas para posterior tabulação dos dados.

Figura 8-7 – Mesa de triagem



Fonte: Elaborado pelo autor na base do Sanepav Saneamento, 2015.

Observou-se que os materiais de granulometria maior que 60 mm eram triados com maior agilidade, por não haver significante massa orgânica presente nessas malhas, predominando assim as frações recicláveis. A partir dos materiais classificados pela malha de 60 mm, a quantidade de matéria orgânica era consideravelmente maior que as anteriores e consequentemente demandava mais tempo de triagem.

No caso dos resíduos de granulometria menor que 20 mm os resíduos foram enquadrados diretamente como orgânicos e as frações entre 20-60 mm, massa visivelmente composta principalmente de material orgânico era disposta na mesa de triagem e os materiais identificados visualmente eram retirados e separados. O procedimento de triagem levava em média de quatro a cinco horas, considerando os quatro até cinco contêineres de resíduos peneirados.

Para garantir a eficiência do processo, posterior ao término da triagem dos materiais e anotação de todos os dados obtidos, era realizado cálculo da taxa de desvio. Essa comparação permitia observar as perdas durante todo o processo, causadas devido a fatores como o vento, por exemplo. Desta forma, nessa análise a média taxa de desvio é da ordem de 2 % e foi calculado na base da massa total peneirada e da massa total líquida.

8.1.5 ANALÍTICO

Os ensaios analíticos têm como objetivo controlar a adequação das frações mecanicamente separáveis segundo os procedimentos de valorização. Nesse sentido, realizam-se as análises relevantes para utilização tecnológica tais como compostagem e reciclagem.

O material que foi encaminhado para análise no laboratório era coletado em sacolas plásticas as quais recebiam uma ficha de registro com informações referentes à sua origem bem como aos ensaios analíticos a serem realizados (veja Figura 8-8).

Figura 8-8 – Amostras preparadas por análises laboratoriais



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

9 Resultados dos análises

Durante o projeto foram realizadas diversas análises para avaliar os parâmetros físicos, químicos e biológicos, segundo parâmetros repassados pelo mercado brasileiro de recursos secundários. Os ensaios analíticos têm como objetivo controlar a adequação das frações mecanicamente separáveis segundo os procedimentos de valorização seja mecânico seja biológico. Nesse sentido realizam-se análises relevantes para utilização na forma de reciclagem de materiais ou de recuperação energética. Além disso, o potencial de geração de compostagem a partir das frações finas e a quantidade e qualidade de materiais recicláveis para reciclagem a partir de coleta tradicional e seletiva foram analisadas. Portanto, os resultados das análises granulométricas, gravimétricas e analíticas são apresentados nos próximos ítens.

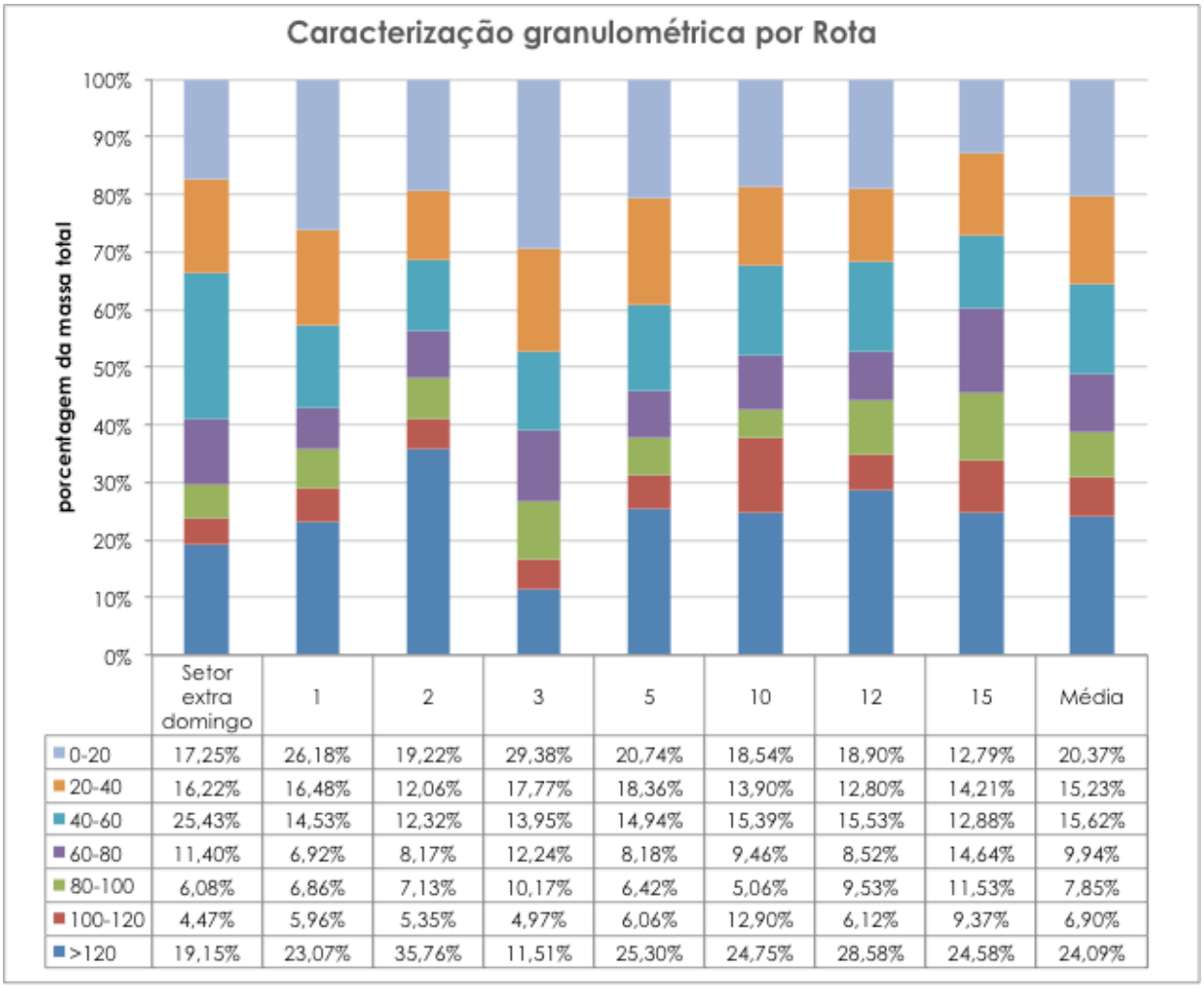
9.1 Granulometria

A Figura 9-1 representa a distribuição granulométrica dos resíduos de Ubatuba por rota da coleta tradicional. A contribuição de cada grupo de material é importante, porque alguns tipos de resíduos estão concentrados em certos tamanhos de grãos. O conhecimento destes valores definem a linha de corte das peneiras, otimizando a operação da planta.

Em média aproximadamente 61 % dos resíduos estão classificados em grãos < 80 mm, 51 % em grãos < 60 mm. As frações finas com grãos menor que 40 mm têm uma quota média de 36 %. Nesta gráfico também é evidente que a composição granulométrica das rotas 2 e 3 indicaram uma grande diferença em comparação com as outras rotas. A justificativa para esta diferença pode ser em decorrência da característica de ocupação do bairro, por exemplo a classe social e econômica, as quais foram apresentadas no capítulo 8.1.1.

A rota 2 inclui a região central com classes médias e altas, moradores fixos bem como um fluxo de turistas, o que significa um diferente fluxo de resíduos gerados do que, ao contrário da região centro-oeste presente na rota 3, ao qual é caracterizada por uma classe baixa/média, com alta população e mais comércios. Desta forma, na rota 2 é evidente que uma grande parte dos resíduos, aproximadamente 40 %, está enquadrada em classes > 100 mm, no qual geralmente se encontram materiais recicláveis, como plásticos e papéis. Exatamente o oposto está apresentado na distribuição na rota 3 com somente 16 % em classes > 100 mm e aproximadamente 48 % de material classificado como por exemplo biodegradáveis e higiênicos em classes < 40 mm.

Figura 9-1 – Caracterização por Granulometria e Rota

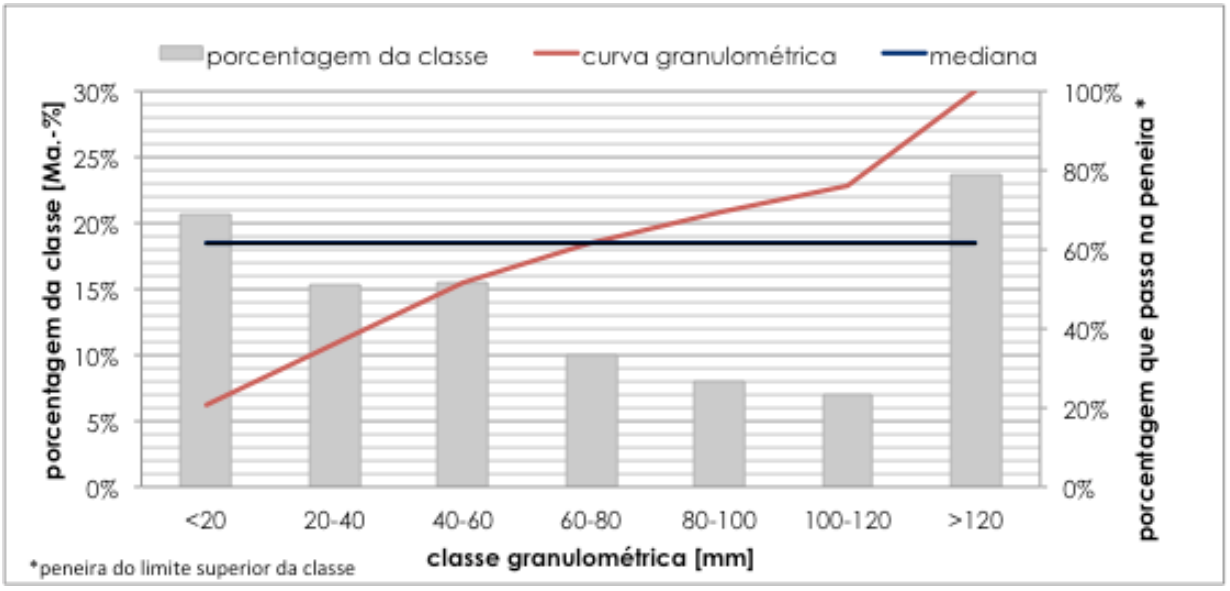


	Setor extra domingo	1	2	3	5	10	12	15	Média
0-20	17,25%	26,18%	19,22%	29,38%	20,74%	18,54%	18,90%	12,79%	20,37%
20-40	16,22%	16,48%	12,06%	17,77%	18,36%	13,90%	12,80%	14,21%	15,23%
40-60	25,43%	14,53%	12,32%	13,95%	14,94%	15,39%	15,53%	12,88%	15,62%
60-80	11,40%	6,92%	8,17%	12,24%	8,18%	9,46%	8,52%	14,64%	9,94%
80-100	6,08%	6,86%	7,13%	10,17%	6,42%	5,06%	9,53%	11,53%	7,85%
100-120	4,47%	5,96%	5,35%	4,97%	6,06%	12,90%	6,12%	9,37%	6,90%
>120	19,15%	23,07%	35,76%	11,51%	25,30%	24,75%	28,58%	24,58%	24,09%

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

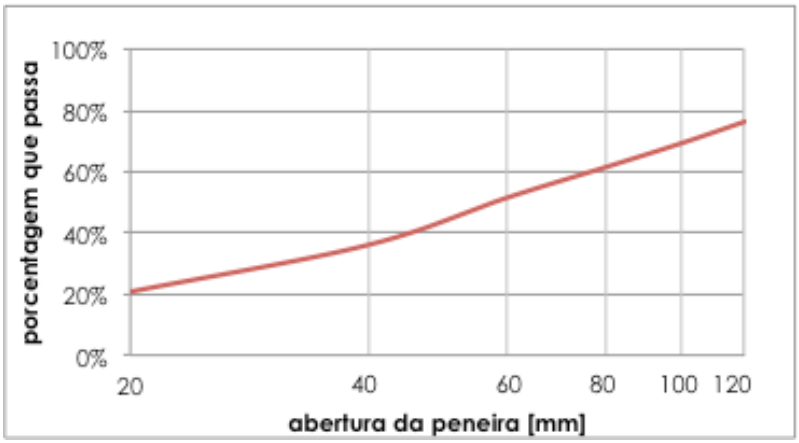
As figuras Figura 9-2 e Figura 9-3 a Tabela 9-1 demonstram a distribuição dos grãos no peneiramento e seus resultados acumulativos.

Figura 9-2 – Curva do peneiramento por classes granulométricas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Figura 9-3 – Curva granulométrica



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Tabela 9-1 – Distribuição das classes granulométricas e valores cumulativos

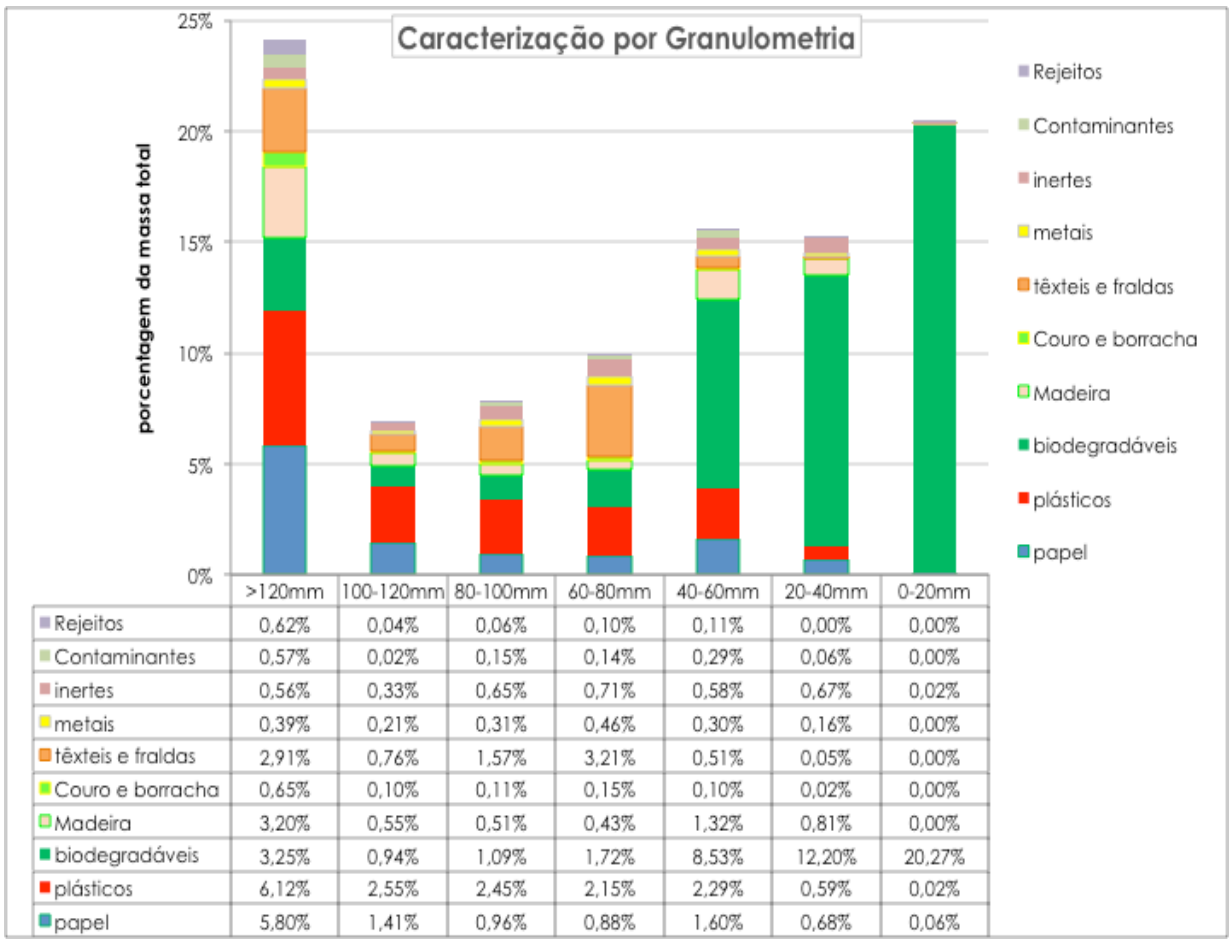
classe granulométrica	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100	100-120	> 120
porcentagem da classe	21 %	15 %	15 %	10 %	8 %	7 %	24 %
curva granulométrica	20,72 %	36,04 %	51,5 %	61,49 %	69,41 %	76,37 %	100 %
mediana	61,49 %						

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

A Figura 9-4 cruza os dados coletados durante a caracterização granulométrica e gravimétrica. Os principais resultados estão resumidos a seguir:

- Úmidos tais como resíduos orgânicos, de cozinha e verdes, com baixo poder calorífico, estão concentrados nos grãos < 60 mm (em total 43 %). A quantidade de resíduos orgânicos concentrada nos grãos entre 60 a 80 mm é baixa (1,72 %);
- Secos tais como resíduos com alto poder calorífico tais como papel/papelão, plásticos e têxteis estão concentrados nas frações maiores > 60 mm (em total 31 %), com uma porcentagem respectiva de 9 % papéis/papelões, 13 % plásticos e 9 % têxteis/fraldas.

Figura 9-4 – Caracterização granulométrica



	>120mm	100-120mm	80-100mm	60-80mm	40-60mm	20-40mm	0-20mm
Rejeitos	0,62%	0,04%	0,06%	0,10%	0,11%	0,00%	0,00%
Contaminantes	0,57%	0,02%	0,15%	0,14%	0,29%	0,06%	0,00%
inertes	0,56%	0,33%	0,65%	0,71%	0,58%	0,67%	0,02%
metais	0,39%	0,21%	0,31%	0,46%	0,30%	0,16%	0,00%
têxteis e fraldas	2,91%	0,76%	1,57%	3,21%	0,51%	0,05%	0,00%
Couro e borracha	0,65%	0,10%	0,11%	0,15%	0,10%	0,02%	0,00%
Madeira	3,20%	0,55%	0,51%	0,43%	1,32%	0,81%	0,00%
biodegradáveis	3,25%	0,94%	1,09%	1,72%	8,53%	12,20%	20,27%
plásticos	6,12%	2,55%	2,45%	2,15%	2,29%	0,59%	0,02%
papel	5,80%	1,41%	0,96%	0,88%	1,60%	0,68%	0,06%

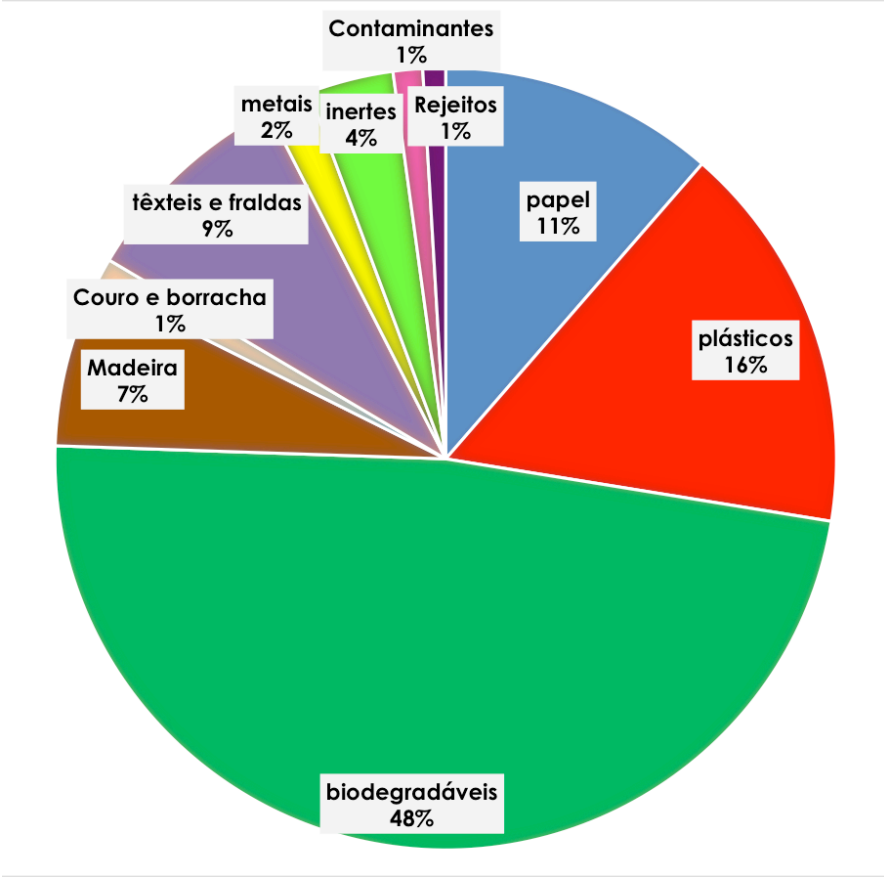
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

9.2 GRAVIMETRIA

Os resultados médios da gravimetria dos RSD de Ubatuba são apresentados na Figura 9-5 abaixo. Os biodegradáveis atingem uma quota de 48 % da massa total, um valor típico no Brasil oriundo da alteração nos padrões de consumo. Os plásticos e pa-

péis alcançam uma quota média de 16 % e 11 %. Este fato é confirmado pela Figura 9-6 que constitui a caracterização gravimétrica por rotas incluído a média das rotas estudadas. Em comparação com as demais rotas, a rota 2 novamente demonstra uma composição bem distinta das demais rotas.

Figura 9-5 – Caracterização gravimétrica



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

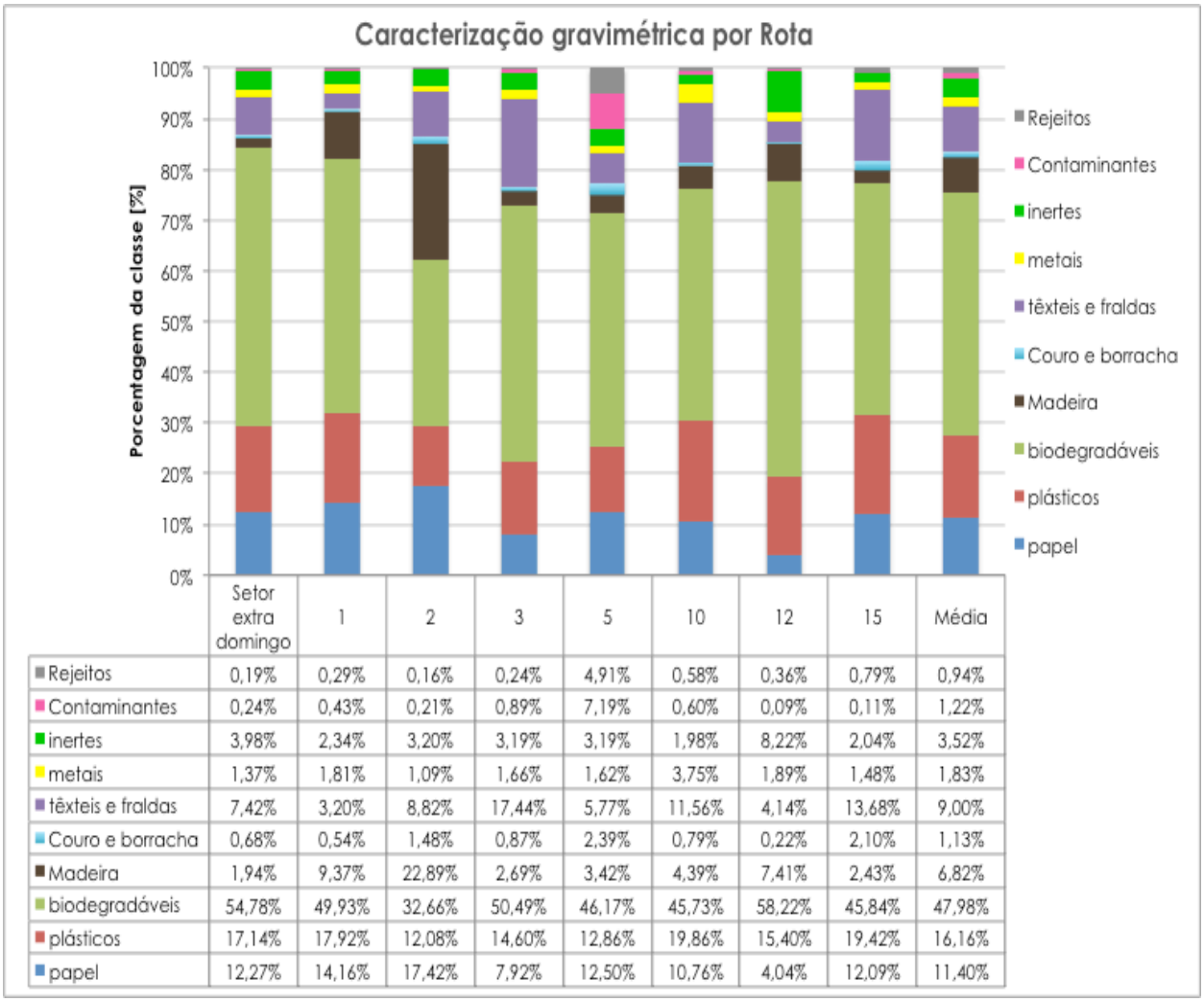
Desta forma, as frações identificadas como plásticos totaliza 16 % de participação sendo que estas abrangem tanto os plásticos 2D, quais sejam, sacolas plásticas de PEAD comumente conhecidas como sacolas de mercado quanto os plásticos 3D, que compreendem materiais rígidos compostos por:

- PET – Poli tereftalato de etileno
- PEAD - Polietileno de alta densidade
- PP – Polipropileno
- PS – Poliestireno
- Entre outros plásticos rígidos.

A fração de papel, papelão e tetrapak representa 11 % da composição gravimétrica dos resíduos, têxteis e fraldas (9 %), metais (2 %), sendo estes os principais componentes presentes na massa de RSD.

Os resultados gravimétricos apontam que a fração orgânica ocupa uma posição muito importante. De forma geral, os bairros de Ubatuba não demonstraram diferenças significativas na sua composição dos resíduos (veja Figura 9-6). No que se refere ao comparativo entre os bairros temos que apenas nas rotas Extra domingo e 12 foi observada uma maior quantidade de resíduos orgânicos (> 50 %), destoando da média obtidas nos demais bairros. As análises refletem uma alta conformidade para as frações do tipo papel/papelão, plástico e têxteis. Neste contexto, a análise das rotas 2, 3 e 15 apontou uma composição diferente sobretudo na quantidade de Madeira (23 %) e têxteis e fraldas (18 %).

Figura 9-6 – Caracterização por gravimetria e rota



	Setor extra domingo	1	2	3	5	10	12	15	Média
Rejeitos	0,19%	0,29%	0,16%	0,24%	4,91%	0,58%	0,36%	0,79%	0,94%
Contaminantes	0,24%	0,43%	0,21%	0,89%	7,19%	0,60%	0,09%	0,11%	1,22%
inertes	3,98%	2,34%	3,20%	3,19%	3,19%	1,98%	8,22%	2,04%	3,52%
metais	1,37%	1,81%	1,09%	1,66%	1,62%	3,75%	1,89%	1,48%	1,83%
têxteis e fraldas	7,42%	3,20%	8,82%	17,44%	5,77%	11,56%	4,14%	13,68%	9,00%
Couro e borracha	0,68%	0,54%	1,48%	0,87%	2,39%	0,79%	0,22%	2,10%	1,13%
Madeira	1,94%	9,37%	22,89%	2,69%	3,42%	4,39%	7,41%	2,43%	6,82%
biodegradáveis	54,78%	49,93%	32,66%	50,49%	46,17%	45,73%	58,22%	45,84%	47,98%
plásticos	17,14%	17,92%	12,08%	14,60%	12,86%	19,86%	15,40%	19,42%	16,16%
papel	12,27%	14,16%	17,42%	7,92%	12,50%	10,76%	4,04%	12,09%	11,40%

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

A quantidade de contaminantes e rejeitos presentes da Rota 5 aparece bem superior em comparação as outras rotas analisadas. Em decorrência da origem da rota

temos que a mesma pode sofrer influência da população flutuante, mas que de qualquer forma representa um desvio significativo durante a caracterização pois alcançou 12 % frente a média das outras rotas com aproximadamente 2,16 % e portanto, não deve ser empregada como valor padrão.

Os valores obtidos neste projeto são comparáveis com a composição dos resíduos na Alemanha antes da introdução da coleta seletiva. Análises recentes de outras cidades brasileiras confirmam o fato de que o montante da fração orgânica não é extremamente alto. Segundo retrata a ABRELPE em 2012 a fração orgânica foi estimada em 51,4 %.

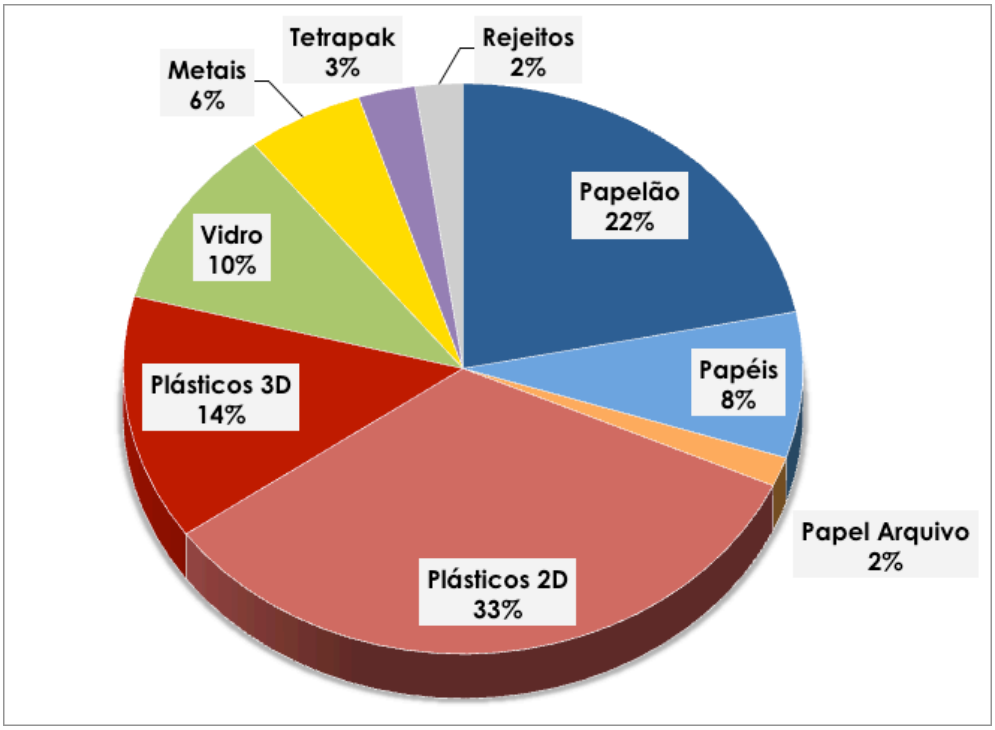
Os resultados obtidos quanto à composição dos resíduos permitem as seguintes conclusões:

- o grupo mais representativo é o das frações orgânicas 47,98 %, seguido por plásticos 3D e compostos com 16,16 %, e papel, papelão e tetrapak com 11,40 %. Os têxteis e fraldas estão com 9,0 %, metais com 1,83 %, e vidros e minerais com 3,52 %, assumindo um papel de menor importância no mercado brasileiro.
- os recicláveis clássicos – que poderão ser submetidos à triagem automática e/ou manual – identificados como frações secas tais como papel/papelão, plástico, vidro e metal alcançam a porcentagem de 31,08 %. Entretanto, ao se considerar as frações têxteis, o montante aumenta em 9,0 % alcançando 40,08 %.
- as frações identificadas como rejeitos e contaminantes estão existentes principalmente na massa da rota 5 com 12,1 %, um valor bem alto em comparação com os valores das outras rotas estudadas que era em média de 2,16 %.

9.3 POTENCIAL DE COLETA SELETIVA E MATERIAIS RECICLÁVEIS

Durante os ensaios também foi determinado o potencial de recicláveis na massa mista de coleta tradicional nos dias de 10./11./12.08.2015. O gráfico na Figura 9-7 contêm os resultados médios deste potencial de reciclagem dividido por tipo de material, representando um grande potencial nas frações de plásticos 2D e 3D (47 %), papelão e papéis (30 %) e vidros (10 %).

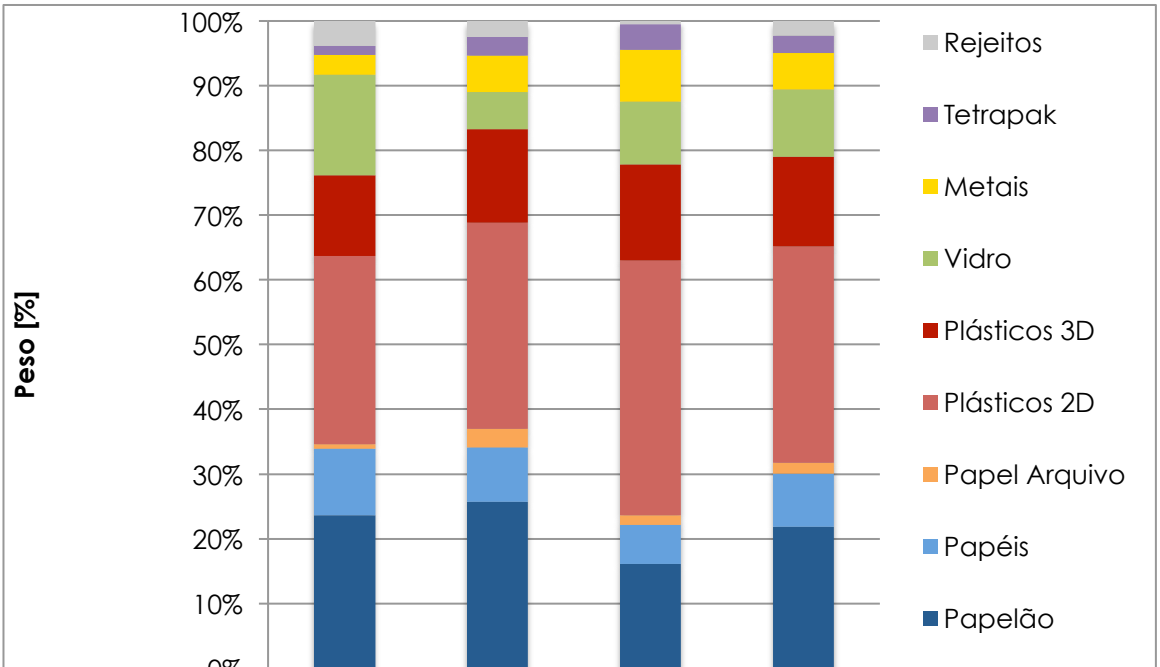
Figura 9-7 – Resultados de potencial de reciclagem



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Em seguida, o gráfico na Figura 9-8 retrata a ocorrência e as porcentagens dos tipos de recicláveis na massa, prevalecendo significante a presença de plásticos 2D/3D e papelão.

Figura 9-8 – Recicláveis na massa da coleta tradicional



	10.08.15	11.08.15	12.08.15	Média
Rejeitos	3,9%	2,4%	0,5%	2,3%
Tetrapak	1,3%	2,9%	3,9%	2,7%
Metais	3,1%	5,7%	8,0%	5,6%
Vidro	15,5%	5,8%	9,7%	10,3%
Plásticos 3D	12,5%	14,4%	14,9%	13,9%
Plásticos 2D	29,1%	31,8%	39,3%	33,4%
Papel Arquivo	0,6%	2,9%	1,5%	1,7%
Papéis	10,3%	8,4%	6,0%	8,3%
Papelão	23,6%	25,7%	16,1%	21,8%

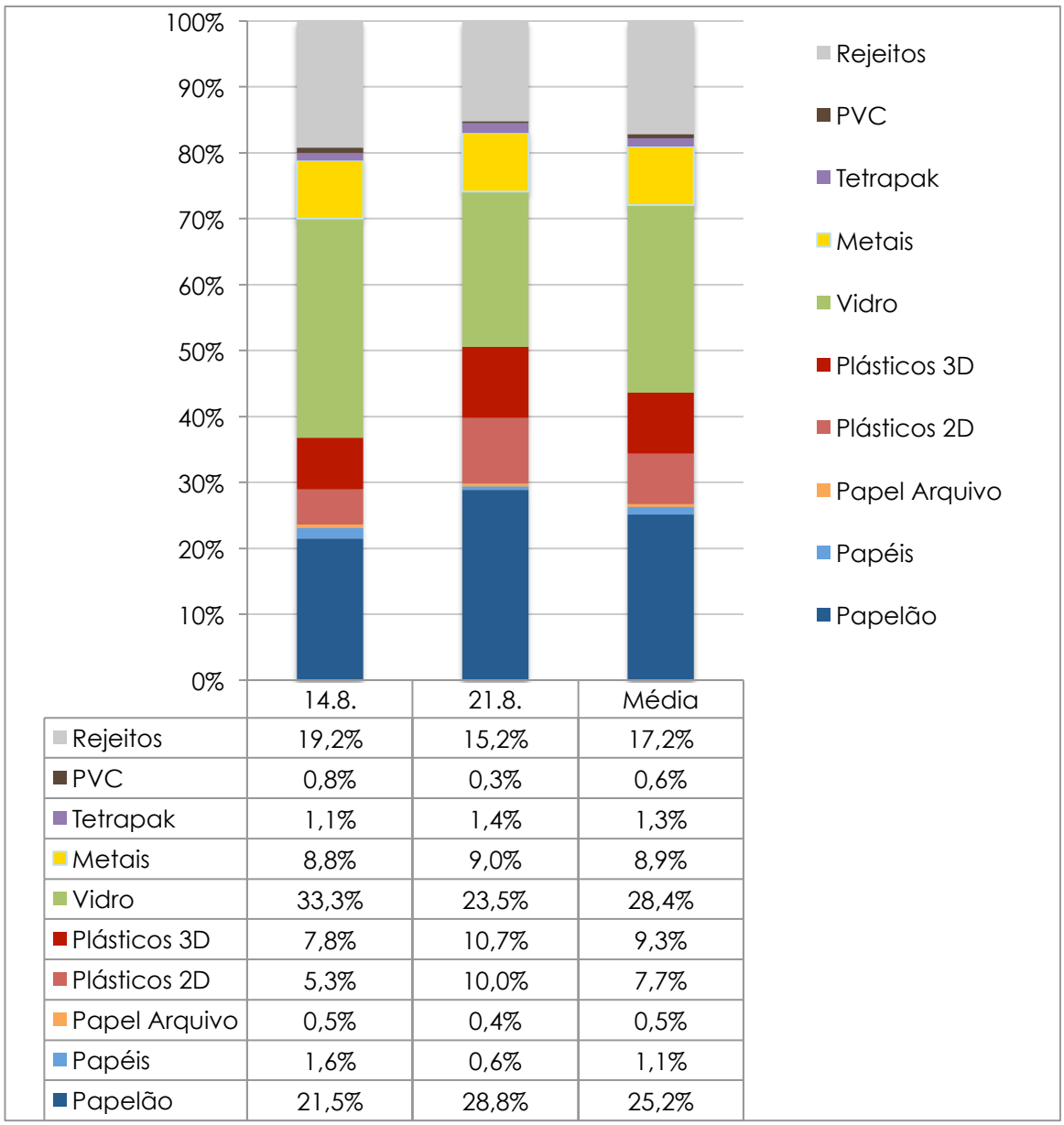
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

A seguir, os resultados obtidos da coleta seletiva de Ubatuba e uma comparação com os resultados da análise de potencial de reciclagem são apresentados. As análises da coleta seletiva foram realizados nos dias de 14.08.2015 e 21.08.2015 em Ubatuba. Desta forma, o gráfico na Figura 9-9 apresenta o potencial de resíduos recicláveis depois do processo da análise gravimétrica, demonstrando as composições diferentes dos dias analisados incluído a média dos dados determinados. A maior importância se encontra nas frações de papelão (média de 25 %), vidro (média de 28,4 %), plásticos e metais (respectivamente 17 % e 8,9 %).

Comparando os resultados entre os recicláveis presentes na coleta seletiva e na coleta tradicional, figuras Figura 9-8 e Figura 9-9, observa-se uma distinta diferença entre a presença de plásticos 2D/3D e vidros. A massa da coleta seletiva consiste prin-

cipalmente de papelão e vidro com baixa presença de plásticos em comparação com a massa da coleta tradicional. Isso significa que o potencial de plásticos não está sendo explorado o suficiente através da coleta seletiva. Uma conscientização relacionada à segregação e ampliação da coleta seletiva tornaria possível a exploração de plásticos não contaminados e portanto com maiores valores no mercado. Também deve-se considerar que o índice de rejeitos brutos é significativo tendo uma média de 17 % demandando uma intensificação dos programas de educação ambiental.

Figura 9-9 – Caracterização gravimétrica da coleta seletiva



	14.8.	21.8.	Média
Rejeitos	19,2%	15,2%	17,2%
PVC	0,8%	0,3%	0,6%
Tetrapak	1,1%	1,4%	1,3%
Metais	8,8%	9,0%	8,9%
Vidro	33,3%	23,5%	28,4%
Plásticos 3D	7,8%	10,7%	9,3%
Plásticos 2D	5,3%	10,0%	7,7%
Papel Arquivo	0,5%	0,4%	0,5%
Papéis	1,6%	0,6%	1,1%
Papelão	21,5%	28,8%	25,2%

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Assim, é evidente que a universalização do serviço de coleta seletiva, não apenas aumenta de forma quantitativa a presença dos recicláveis mas principalmente garante uma melhoria qualitativa a este grupo de resíduos. Uma das vantagens importantes de material recolhido por uma coleta seletiva é que o material não contaminado significa uma melhor qualidade e portanto alcança um maior valor no mercado de matérias-primas secundarias. Muitas vezes os recicláveis são misturados com orgânicos ou outros contaminantes durante a coleta e não atendem às expectativas da indústria, então somente poderão ser aproveitados de forma energética.

Por fim, a Tabela 9-2 retrata todos os pesos dos materiais separados durante a gravimetria da coleta seletiva.

Tabela 9-2 - Materiais separados pelas classes gravimétricas

	Peso [KG]		
Classe gravimétrica	**CS 14.08.2015**	**CS 21.08.2015**	**CS Média**
Papelão ondulado	21,662	31,411	26,537
Papelão misto	2,263	3,886	3,075
Revista/jornal	1,752	0,734	1,243
Papel Arquivo	0,567	0,513	0,54
Isopor	0,346	0,248	0,297
PVC	0,865	0,395	0,63
PEAD branco	1,03	1,8	1,415
PEAD colorido	0,135	1,225	0,68
PET leitoso	0,195	0,12	0,158
PET cristal	2,935	2,545	2,74
PET verde	0,445	0,805	0,625
PET óleo	0,465	0,375	0,42
PET azul	0,04	0,17	0,105
3D Mistão (PP)	3,101	5,852	4,477
Vidro Verde	9,565	9,256	9,411
Vidro Marrom	13,955	10,406	12,181
Vidro Incolor	12,205	9,046	10,626
Vidro Azul	1,296	0,125	0,711
Metais ferrosos	9,551	10,863	10,207
Alumínio Lata	0,175	0,102	0,139
Alumínio Marmitex	0,093	0,004	0,0485
BOPP (Plástico com alumínio)	0,251	0,352	0,3015
Aparas Coloridas	3,938	5,229	4,584

	Peso [KG]		
Classe gravimétrica	**CS 14.08.2015**	**CS 21.08.2015**	**CS Média**
Aparas Cristal	1,729	6,649	4,189
Rejeitos	21,375	18,585	19,98
Tetrapak	1,276	1,765	1,5205
TOTAL LĪQUIDO	111,21	122,461	116,8355

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

9.4 RESULTADOS ANALÍTICOS

9.4.1 ELEMENTOS QUÍMICOS

Os resultados dos elementos químicos nos RSD, na Tabela 9-3, caracterizam a qualidade de materiais e portanto embasarão as análises voltadas para as aplicação tecnológica tais como geração de recicláveis, CDR, biogás e compostagem. Uma análise detalhada sobre a potencialidade da aplicação de rotas tecnológicas adequadas as características dos RSD de Ubatuba será apresentada na *Parte 3 – Plano tecnológico* deste relatório.

Tabela 9-3 – Resultados analíticos

			< 80 mm		< 40 mm	
	Unidade	Limite de Quantificação	Rota 5	Rota 10	Rota 15 CO3	Rota 15 CO4
Arsênio	mg/kg	0,230	0,305	0,554	0,548	0,301
Cádmio	mg/kg	0,170	0,415	0,189	< 0,170	< 0,170
Chumbo	mg/kg	0,230	18,1	8,347	1,774	3,117
Cromo	mg/kg	0,550	65,74	17,27	1,944	2,419
Mercúrio	mg/kg	5,000	< 5,000	< 5,000	< 5,000	< 5,000
Níquel	mg/kg	0,170	12,45	14,15	0,931	2,935
Selênio	mg/kg	0,450	< 0,450	< 0,450	< 0,450	< 0,450
Cobre	mg/kg	0,170	23,61	17,28	5,212	6,161
Zinco	mg/kg	0,110	96,97	77,61	20,99	19,85
Ítrio	%	0,050	74,05	88,14	76,21	78,41

Fonte: Operator Meio Ambiente, 2015.

9.4.2 TEOR DE ÁGUA

As análises de umidade representam o teor de água nas amostras analisadas e daqui decorre a quantidade de resíduo seco. Os resultados determinados no laboratório es-

tão resumidos na Tabela 9-4, apresentando os resultados e médias da quantidade de água nas amostras das classes < 80 mm e < 40 mm. Desta forma, uma diferença significativa entre as amostras de diferentes tamanhos é evidente, provando os resultados da granulometria e gravimetria, que as frações menores, classes < 40 mm, contêm a maior parte de orgânicos, sendo desta forma mais úmidas (média de 66,5 %) do que as maiores frações > 40 mm (média 27,9 %), onde se encontram mais materiais recicláveis e secos tais como plásticos, papéis e vidros.

Tabela 9-4 - Determinação da quantidade de água e resíduo seco

		Amostras < 80 mm					Amostras < 40 mm		
Amostras	Unidade	**18 –S5**	**14-S10**	**15-S12**	**13-S12**	**21-S15**	**08-S15**	**01-S15**	**23-S15**
Quantidade de água	%WS	16,3	35,3	24,6	34	57	67,5	66,4	65,7
Média	%WS	25,4			45,5		66,5		
Média total	%WS	**27,9**					**66,5**		
Resíduo seco	%WS	83,7	64,7	75,4	66	43	32,5	33,6	34,3
Média	%WS	74,6			54,5		33,5		
Média total	%WS	**64,6**					**33,5**		

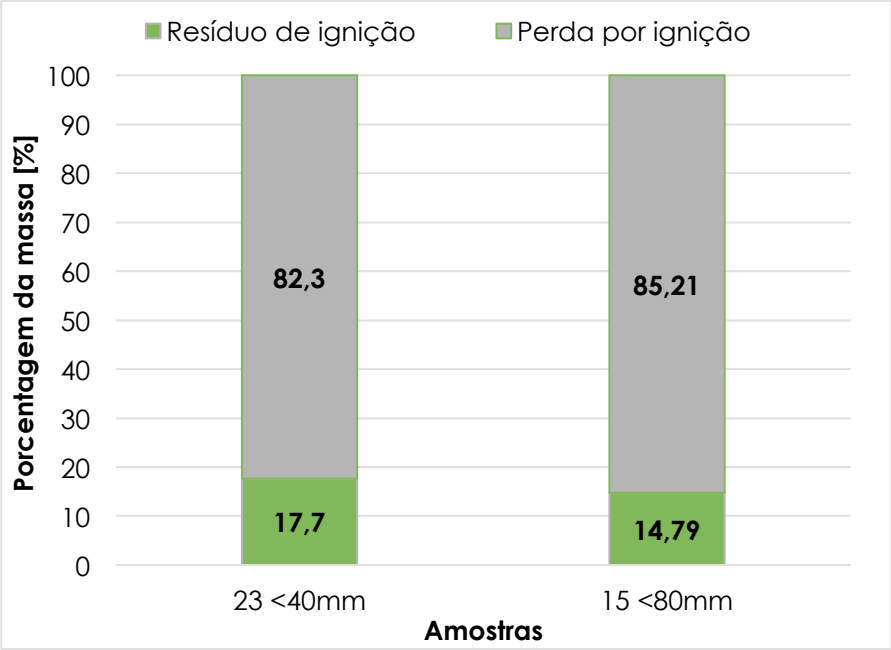
Fonte: CREED do Brasil - Jundiaí, 2015.

9.4.3 Perda por Ignição

A análise da perda por ignição também foi feita com amostras das classes < 40 mm e < 80 mm e acontece pela secagem e aquecimento das amostras numa temperatura (550 ± 25 °C) e condições específicas para que as substâncias voláteis possam escapar. A partir deste aquecimento a massa dos resíduos se modifica. A justificativa para esta análise é determinar a quantidade de minerais presentes nos resíduos sólidos, pois estes influenciam tanto as tecnologias quanto a qualidade dos subprodutos.

A perda por ignição é expressa em porcentagem de peso da massa seca. No gráfico da Figura 9-10 temos os resíduos depois do processo de aquecimento e o gráfico direto representa a perda por ignição. Assim é evidente, que a amostra das frações < 40 mm contêm mais resíduos de ignição (17,7 %) e a perda por ignição é menor (82,3 %) do que da amostra < 80 mm, qual apresentou 14,8 % de resíduos de ignição e 85,2 % de perda por ignição. Isto significa que há nas frações < 40 mm uma presença maior de minerais na massa fina.

Figura 9-10 – Resíduo de ignição e perda por ignição



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

9.5 CONCLUSÃO

Em geral, os resultados das análises granulométricas e gravimétricas demonstraram uma caracterização detalhada e geraram um perfil dos resíduos sólidos domiciliares do município de Ubatuba. Estes dados permitirão definir conceitos tecnológicos adequados, resultando na sustentabilidade da gestão de RSD.

A caracterização apontou uma variedade significativa nas rotas, principalmente àquelas que estão diretamente influenciadas pela população flutuante. Os bairros da região central (Orla) de p.e. Itágua, Parque Vivamar e Avenida Iperoig estão representados pela rota 2 com os seguintes resultados:

- As frações significativas são encontrados na classe > 100 mm (> 40 %), representando os materiais recicláveis como plásticos, papéis e madeira nestas classes (total > 52,5 %), este fato é relacionado com o fluxo de turistas e classes socioeconômicas médias e alta, porque geralmente o consumo de embalagens aumenta com o poder econômico;
- Em comparação com as outras rotas, esta rota representa a menor classe de biodegradáveis (32,7 %);
- Por causa dos turistas a quantidade de resíduos gerados nos bairros varia muito com as temporadas;

- Pouca quantidade de contaminantes e rejeitos significando consciência da população nestes bairros sobre a correta destinação e separação de resíduos existe.

Uma composição diferente dos outras também foi determinada pela rota 3 e portanto dos bairros Sesmaria e Estufa II da região centro-oeste com os seguintes resultados:

- Nos resultados granulométricos, a maior fração se encontra nas menores classes de < 40 mm (~50 %), conforme a presença de biodegradáveis, têxteis e fraldas nos bairros de classes baixa/média e uma alta população ;
- Os recicláveis não ocupam um lugar importante nesta rota (~22 % plásticos e papéis).

Além disso, na região centro sul (Orla) há bairros de classes médias e altas com casas de veraneio, e por isso uma influência e variação importante no fluxo da geração de resíduos em baixas e altas temporadas. A principal caracterização desta rota é a seguinte:

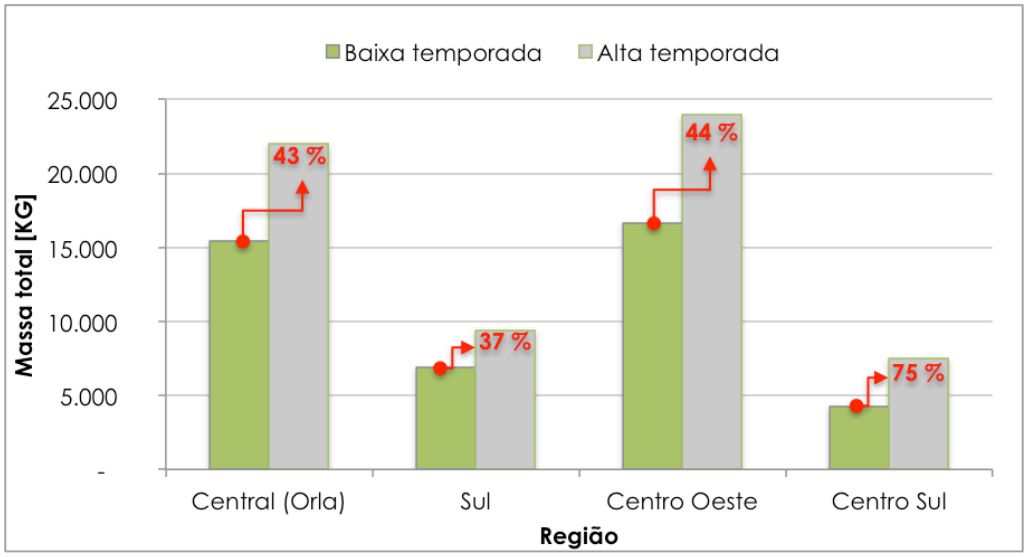
- Forte influência de biodegradáveis (~60 %) e inertes (8,2 %) na composição de resíduos

Por fim, os bairros das regiões norte e oeste (rotas 5, 10, 15) caracterizados por classes baixas, médias e altas com moradores fixos e grandes quantidade de comércios demostraram as seguintes características:

- Na Rota 5, temos um montante significativo de contaminantes e rejeitos em total > 12 %;
- Todas as rotas apresentam cerca 45 % de biodegradáveis e cerca 25 % de plásticos e papéis.

A Figura 9-11 representa as regiões e suas influências no peso da coleta segunda a baixa e a alta temporada. Nesta figura temos que há um aumento de 50 % na quantidade de RSD durante as temporadas.

Figura 9-11 – Incremento da quantidade de RSD entre baixa e alta temporada



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Referências bibliográficas

BDClima (2015): Banco de Dados Climáticos do Brasil – BDClima. http://www.bdclima.cnpm.embrapa.br/resultados/balanco.php?UF=&COD=492. Acesso em 15/09/2015.

CBH-LN (2009). www.cbhln.com.br. Acesso em 15.09.2015.

Censo Agropecuário LUPA 2007/2008.

Centro de Vigilância Sanitária de São Paulo (2015). Site: www.cvs.saude.sp.gov.br. Acesso em 16/09/2015.

CIIAGRO (2015): Centro integrado de informações agrometeorológicas – CIIAGRO. http://www.ciiagro.sp.gov.br/ Acesso em 16.09.2015.

DATASUS (2015): Portal da Saúde – Ministério da Saúde. www2.datasus.gov.br. Acesso em 16/09/2015.

DER-SP (2015): Mapa do Departamento de Estradas de Rodagem. www.igc.sp.gov.br. Acesso em 14/09/2015.

ENGEP Ambiental Ltda. (2014). http://www.engep.com.br/index.php/areas-de-atuacao/aterro-sanitario/. Acesso em 23.05.2014.

Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE) (2015): http://www.imp.seade.gov.br/frontend/. Acesso em 15.09.2015.

Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE) (2015). http://www.seade.gov.br/produtos/perfil/perfil.php. Acesso em 16.09.2015.

Google Earth (2015). https://earth.google.de/. Acesso em 16.09.2015.

Grupo Pioneira. www.pioneira.com.br/incineracao/tipos.php. Acesso em 18.09.2015.

IBGE (2015). Diretoria de Pesquisas - DPE - Coordenação de População e Indicadores Sociais - COPIS.

IBGE (2015): Cidades – Ubatuba – Síntese de informações. www.ibge.gov.br. Acesso em 15.09.2015.

Instituto de Pesca (2015). Site: www.pesca.sp.gov.br. Acesso em 19/06/2014.

Litoral Sustentável (2014). www.litoralsustentavel.org.br. Acesso em 20/05/2014.

Operator Meio Ambiente (2015): Boletim de análise Nr. 5306-5309.

Plano de Bacia Hidrográfica do Litoral Norte (2009).

Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo (2014).

Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos - MUNICÍPIO DE UBATUBA.

PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (Lei nº 12.305/2010).

Programa Cidades Sustentáveis. www.cidadessustentaveis.org.br. Acesso em 16/09/2015.

SEADE Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE) (2015): www.seade.gov.br/produtos/perfil/perfil.php, Acesso em 16.09.2015.

Secretaria Municipal de Serviços e Infraestrutura Pública (2015).

Trabalho elaborado em conjunto entre a APA Marinha-LN e CBH-LN (CT-SAN) (2015), de autoria de L.P.Vianna, P.M.P.Bolta e D.M.E. Formaggio.

Troppmair, Helmut (2000): Geossistemas e Geossistemas Paulistas – UNESP Rio Claro.

PARTE 2

DIAGNÓSTICO TECNOLÓGICO



Sumário - PARTE 2

10 INTRODUÇÃO 116

10.1 TRATAMENTO DOS RESÍDUOS SEGUNDO A ÓTICA DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL 119

11 PRECEITOS LEGAIS 121

11.1 LEGISLAÇÃO ESPECÍFICA 121

11.1.1 POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS 121

11.1.2 LEI NACIONAL DE SANEAMENTO BÁSICO 124

11.1.3 PLANO NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS 125

11.1.4 PLANO ESTADUAL DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE SÃO PAULO 126

11.1.5 PLANO MUNICIPAL DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS DE UBATUBA 126

12 PANORAMA TECNOLÓGICO 128

12.1 ASPECTOS GERAIS 128

12.2 TECNOLOGIA DE BIODIGESTÃO – TRATAMENTO BIOLÓGICO ANAERÓBIO 130

12.2.1 CLASSIFICAÇÃO DO PROCESSO DE BIODIGESTÃO 133

12.2.2 FERMENTAÇÃO ÚMIDA 136

12.2.3 FERMENTAÇÃO SECA CONTÍNUA E DESCONTÍNUA 137

12.2.4 GERAÇÃO DE BIOGÁS 138

12.2.5 BALANÇO HÍDRICO 139

12.3 TECNOLOGIA DE COMPOSTAGEM – TRATAMENTO BIOLÓGICO AERÓBIO 142

12.3.1 TECNOLOGIAS DE COMPOSTAGEM 144

12.3.2 SISTEMAS EXTENSIVOS 145

12.3.3 COMPOSTAGEM EM LEIRAS TRIANGULARES SEM AERAÇÃO FORÇADA 146

12.3.4 COMPOSTAGEM EM LEIRAS TRAPEZOIDAIS COM AERAÇÃO PASSIVA 147

12.3.5 SISTEMAS INTENSIVOS 148

12.3.6 COMPOSTAGEM EM LEIRAS TRIANGULARES COM AERAÇÃO FORÇADA 149
12.3.7 SISTEMA DE COMPOSTAGEM EM TÚNEL 151
12.3.8 COMPOSTAGEM EM LEIRA TABULAR 152
12.3.9 COMPOSTAGEM EM LEIRA TRAPEZOIDAL 154
12.4 TECNOLOGIAS DE SECAGEM – TRATAMENTO BIOLÓGICO AERÓBIO 154
12.5 TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS 156
12.5.1 PIRÓLISE 157
12.5.1.1 OBJETIVO E CARACTERÍSTICAS BÁSICAS 157
12.5.1.2 AVALIAÇÃO DA TECNOLOGIA 158
12.5.1.3 PIRÓLISE COMO PARTE DE INCINERAÇÃO POR SISTEMA DE FUSÃO 158
12.5.1.4 PIRÓLISE STAND-ALONE 159
12.5.1.5 PIRÓLISE COMO PROCESSO PRÉVIO 160
12.5.2 GASEIFICAÇÃO 160
12.5.2.1 OBJETIVO E CARACTERÍSTICAS BÁSICAS 160
12.5.2.2 AVALIAÇÃO DA TECNOLOGIA 162
12.5.3 PLASMA 164
12.5.3.1 OBJETIVO E CARACTERÍSTICAS BÁSICAS 164
12.5.3.2 PIRÓLISE DE PLASMA 165
12.5.3.3 GASEIFICAÇÃO DE PLASMA 166
12.5.3.4 AVALIAÇÃO DA TECNOLOGIA 167
12.5.4 CARBONIZAÇÃO HIDROTÉRMICA (HTC) 167
12.5.4.1 OBJETIVO E CARACTERÍSTICAS BÁSICAS 167
12.5.4.2 AVALIAÇÃO DE TÉCNICA 169
12.5.5 DESPOLIMERIZAÇÃO CATALÍTICA EM BAIXA PRESSÃO (KDV) 169

12.5.5.1 OBJETIVO E CARACTERÍSTICAS 169

12.5.5.2 AVALIAÇÃO DA TÉCNICA 174

13 REFERÊNCIAS DE PLANTAS DE TRATAMENTO 175

13.1 NA EUROPA 175

13.2 NA ALEMANHA 175

13.2.1 EXEMPLOS DE PLANTAS DE TRATAMENTO MECÂNICO-BIOLÓGICO 179

13.3 NO BRASIL 182

14 MATRIZ DE IMPACTO TECNOLÓGICO 185

14.1 AVALIAÇÃO DE ROTA TECNOLÓGICA PARA A GESTÃO SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES 192

15 CONCLUSÃO 195

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 197

10 Introdução

Ao longo do tempo, foram construídas diferentes percepções sobre os resíduos produzidos pelo homem. Desde a perspectiva religiosa na Idade Média, em que os resíduos eram associados à doença, até uma visão mais ecológica nos nossos dias, desta forma a constituição dos resíduos ajuda a contar a história do desenvolvimento das civilizações.

Tidos como "inservíveis" até meados do século XX, os resíduos representaram por muito tempo um modelo de mercado baseado na coleta e disposição final em lixões ou aterros sanitários com predominância de empresas associadas à construção civil. Hoje, este mercado tornou-se uma oportunidade que une uma boa causa a um bom negócio, mais amplo e diversificado.

O mercado sustentável, do qual o manejo de resíduos faz parte, possui uma perspectiva favorável nos próximos anos no Brasil, principalmente devido ao potencial de escala estabelecido pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), corroborado pelos Planos Estaduais e Municipais que tem eclodido nos últimos 5 anos.

As regras estipuladas na PNRS terminam com a dualidade do antigo sistema coleta-disposição final, inserindo na cadeia dos resíduos algumas obrigações que exigem maior complexidade operacional em decorrência da introdução de tecnologia no setor.

Atividades como o planejamento (plano de gerenciamento integrado), a logística reversa (recuperação de embalagens pós-consumo e equipamentos com a vida útil comprometida), o armazenamento temporário (contêineres), a educação ambiental (produção de comunicação ambiental), o tratamento de resíduos (incineração, tratamento mecânico biológico) e a disposição final (em aterros, do resíduo último), além das atividades subjacentes, inerentes a um sistema mais amplo de limpeza pública, como àquelas relacionadas à legalidade da atividade como o licenciamento, manutenção de plantas de tratamento, importação e transferência de tecnologia, relacionamento com o governo e mapeamento de linhas de financiamento, metodologia para gerenciamento de projeto, entre outras, fazem com que o funcionamento do sistema dependa, sobretudo, da gestão integrada.

Os mais novos descobrimentos quanto aos temas relativos à proteção dos recursos naturais e diminuição da emissão de gases de efeito estufa por meio de medidas de gerenciamento de resíduos foram levados em consideração durante a elaboração deste relatório. Experiências europeias e em especial na Alemanha foram tomadas como base durante a análise do conceito tecnológico, porém de forma adaptada, a fim de atender a diversidade dos resíduos brasileiros, as condições climáticas e as características locais de mercado.

Inicialmente é importante nivelarmos o conhecimento acerca das motivações que levaram a comunidade científica de todo o mundo a alertar os governos sobre os impactos ambientais oriundos dos resíduos sólidos. Se hoje a União Europeia (UE) possui diretivas determinando a obrigatoriedade do tratamento, assim como o Brasil (PNRS), foi porque houve debates de diferentes níveis que concluíram pela periculosidade de um manejo inadequado, principalmente para as futuras gerações que receberão como herança os passivos ambientais mais agressivos que a revolução industrial nos destinou.

Ainda, de acordo com as estimativas dos peritos de 8 a 12 % das emissões de gases de efeito estufa se produzem em países em desenvolvimento e países emergentes a partir dos processos de gerenciamento de resíduos. Uma causa fundamental são as emissões de metano originárias do aterramento de resíduos urbanos sem tratamento (in natura), os quais nestes países contêm uma alta parcela de fração orgânica. (Fricke em 2009).

A Alemanha tinha como técnica de referência a captação de biogás nos aterros e sua utilização energética na década de 90. No entanto, após certo período, identificou-se que os meios técnicos empregados permitiam apenas a captação de 40-60 % do biogás gerado no aterro, ou seja, apesar de toda tecnologia empregada, uma parcela relevante de emissões gasosas permanecia sendo lançada na atmosfera.

No que se refere ao comprometimento das águas subterrâneas resultante das emissões líquidas provenientes da decomposição biológica (chorume) e lixiviação, temos o aterramento de resíduos in natura, mesmo o enquadrado como sanitário, como um procedimento de proteção de caráter paliativo e temporário, onde sistemas de proteção, como as ferramentas de impermeabilização e o tratamento do chorume, perderão sua capacidade de funcionamento em um lapso máximo de 30 a 50 anos (quando considerada técnica de impermeabilização normatizada na Alemanha). Assim, contaminantes minerais e orgânicos são carreados para as águas subterrâneas inevitavelmente.

Diante deste quadro existe em alguns países da União Europeia (UE), como por exemplo Alemanha e Áustria, desde o ano 2005 a proibição legal de aterramento de resíduos in natura. Na UE esta proibição estará sendo realizada de forma escalonada nos próximos anos.

O tratamento dos resíduos visa atingir os seguintes objetivos:

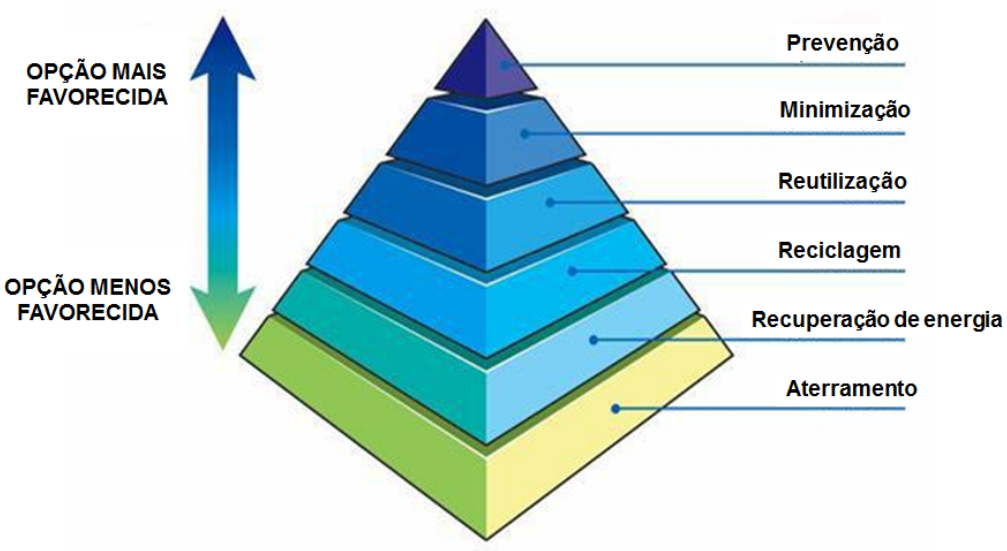
1) Inertização dos rejeitos através estabilização biológica das frações orgânicas, minimizando o potencial de emissão de biogás e da carga orgânica do chorume;
2) Diminuição da quantidade de resíduos a serem aterrados, tanto em massa quanto em volume, potencializando a vida útil do aterro;
3) Absorção e eliminação de substâncias contaminantes;

4) Reciclagem de materiais e recuperação energética dos resíduos visando a proteção dos recursos naturais.

O componente central da diretiva de resíduos da UE, que subordina todos os estados europeus, determina o gerenciamento integrado dos resíduos com foco na valorização contínua e cíclica através da hierarquização dos procedimentos em 5 graus. Esta hierarquia prioriza a reciclagem frente aos procedimentos de recuperação energética (veja Figura 10-1).

A médio prazo deve-se considerar o incremento dos preços relativos à matéria-prima primária, onde esta elevação alavancará a valorização da matéria-prima secundária resultando em uma evidente rentabilidade nas plantas de tratamento. Essa tendência é consubstanciada por outros mercados que dialogam intrinsecamente com a valorização de resíduos, como o caso do petróleo e de metais, como o aço, que aparecem como os primeiros subprodutos a garantir a viabilidade econômica de matéria prima reciclada, bem como o mercado de papéis. Portanto, o desenvolvimento do mercado para os materiais secundários estará voltado, em curto prazo, para a substituição das substâncias primárias comentadas. O mesmo se aplica à energia produzida pelo biogás e pelo combustível derivado de resíduos (CDR).

Figura 10-1 - Hierarquia do gerenciamento dos resíduos firmada nas diretrizes da UE e na lei de circulação da economia na Alemanha (2012)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2012.

Nos últimos 7 anos houve um aumento de mais que 100 % nos preços dos adubos, isto ocorreu devido à elevação do preço do fosfato. Futuramente também deve-se contar com o aumento de preços dos adubos alavancado pelo aumento do preço do nitrogênio devido ao gasto em energia durante sua produção (Procedimento Ha-

ber-Bosch) e pelo aumento do preço do fósforo devido à crescente demanda e a baixa oferta.

10.1 TRATAMENTO DOS RESÍDUOS SEGUNDO A ÓTICA DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

O enorme volume de resíduos gerado diariamente nos centros urbanos tem trazido uma série de problemas ambientais, sociais, econômicos e administrativos, todos ligados a crescente dificuldade de implementar e manter áreas de disposição adequada destes resíduos.

Portanto é preciso conter a geração de resíduos e dar um tratamento adequado ao mesmo. Para isso, é preciso investir em tecnologias que permitam reaproveitar e reciclar os materiais em desuso. Não podemos mais encarar o resíduo como um "resto inútil", e sim como algo a ser transformado em nova matéria prima para retornar ao ciclo produtivo de forma salutar.

O reconhecimento da importância de diversos atores sociais como corresponsáveis na gestão de resíduos sólidos, a valorização da reciclagem e a promoção de ações educativas para mudanças de valores e hábitos da sociedade são alguns dos elementos centrais para uma gestão integrada, descentralizada e compartilhada.

Os impactos diferenciados gerados pelos resíduos sólidos urbanos – RSU – justificam a necessidade de intervenções concretas, possíveis unicamente a partir do planejamento de programas de gerenciamento adequados. A utilização de ferramentas de gestão na solução do problema decorre da ampla variedade de resíduos gerados no cotidiano das cidades, exigindo distintas ações técnicas como solução. Faz-se então necessário o tratamento de materiais residuais passíveis de reinserção na atividade econômica maximizando significativamente o ganho ambiental conseqüente da minimização e reutilização dos "resíduos" através de sua valorização.

O termo resíduo engloba os diversos materiais utilizados pelo homem que tenham perdido sua utilidade para cumprir o fim a que foram destinados inicialmente. Entretanto, a valorização de resíduos, que pode se efetivar de várias formas (reciclagem, reutilização, compostagem, biodigestão, entre outras) é a forma apropriada para se praticar o conceito do desenvolvimento sustentável. A utilização de ferramentas de gestão na solução do problema é legitimada tendo em vista a ampla variedade de resíduos gerados no cotidiano das cidades, exigindo distintas ações técnicas para sua resolução.

Diante do exposto é primordial o tratamento de resíduos utilizando-se técnicas adequadas que permitam a reinserção dos mesmos na atividade econômica, com foco nos recicláveis provenientes das coletas seletivas domiciliares, nos resíduos mistos da coleta tradicional, nos entulhos procedentes das atividades vinculadas à constru-

ção civil, madeiras de origem verde e seca, entre outros. A valorização de resíduos poupa recursos, reduz a poluição, restringe a ocupação de solos para disposição final, cria postos de trabalho, contribui para um desenvolvimento sustentável e para um ambiente melhor.

Propostas de plantas de gestão integrada deverão estar pautadas não apenas na capacidade de realização de atividades produtivas, mas no vínculo destas atividades com o programa de educação ambiental objetivando ações permanentes e acessíveis à sensibilização de toda a população para o consumo responsável e para as práticas desejáveis à participação no programa de coleta.

Quanto à disposição final, cresce também, sobretudo nos países desenvolvidos, a tendência de disposição do que se chama "resíduo último", ou seja, para os aterros sanitários só deverão seguir aqueles resíduos que já tiverem esgotado sua possibilidade de tratamento, aproveitamento e reciclagem. Deseja-se tirar do resíduo algum proveito, acelerando a sua inertização, minimizando e recuperando as áreas de disposição final. Assim, busca-se quebrar o ciclo unicamente acumulativo do resíduo, que polui o solo, a água e o ar e impede o uso futuro mais nobre das áreas dos aterros sanitários.

Dentro deste contexto, um aterro sanitário deve ser entendido como um lugar onde se confinam apenas os resíduos que tenham esgotado suas possibilidades de reutilização, valorização e tratamento sendo estes dispostos em condições controladas, minimizando assim os impactos ambientais.

A legislação da União Europeia e dos países membros, junto com medidas fiscais, formaram os pressupostos para a estratégia governamental de abandonar os métodos tradicionais de gestão de resíduos e de conscientizar a opinião pública acerca dos benefícios obtidos pelo uso do tratamento prévio.

11 Preceitos Legais

11.1 Legislação específica

Ao nível federal, a aplicação de sistemas que comportam tecnologias de aproveitamento de resíduos é regulado por instrumentos legais dos campos de saneamento básico e energético, sendo que os principais são especificados a seguir.

Na área de saneamento básico os principais regulamentos são:

- Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, Lei no 12.305, de 02/08/2010) e se decreto regulamentador (no. 7.404/2010)
- Lei Nacional de Saneamento Básico (LNSB, Lei No. 11.445, de 05/01/2007) e seu decreto regulamentador (no. 7.217/2010).
- Plano Nacional de Gerenciamento de Resíduos em revisão
- Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo
- Plano Municipal de Gestão de Resíduos de Ubatuba

11.1.1 Política Nacional de Resíduos Sólidos

Atualmente um destaque maior é dado à POLÍTICA NACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS (Lei 12.305 de 2010) que é norteada pelos princípios básicos de minimização da geração, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final, seguindo esta ordem de prioridade. Para tanto, são definidos como diretrizes: o desenvolvimento de tecnologias limpas, alterações nos padrões de consumo e aperfeiçoamento da legislação. É interessante verificar que o documento considera a redução da periculosidade do material como uma forma de minimização de resíduos. São apresentados como instrumentos da Política de Gestão de Resíduos: os planos e programas de gerenciamento integrado de resíduos sólidos; a capacitação técnica e valorização profissional; os instrumentos econômicos; a disseminação de informações; o licenciamento, o monitoramento e a fiscalização; as penalidades disciplinares e compensatórias; o apoio técnico e financeiro aos Estados, Distrito Federal e Municípios; a educação ambiental de forma consistente e continuada; a valorização dos resíduos.

Ao tempo que a PNRS impõe novos desafios ao setor privado, ao Poder Público também incumbem novas obrigações associadas aos serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, visando concretizar os objetivos de não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos. E ainda, a reutilização e a recuperação energética conforme o artigo 9º, caput, e seu §1º.

Desta forma a PNRS aponta para a reestruturação da cadeia produtiva nacional, em razão da introdução dos conceitos de produção ecoeficiente, responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e logística reversa dos resíduos.

No âmbito da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, Lei no 12.305, de 02/08/2010) e seu decreto regulamentador (no. 7.404/2010), alguns pontos a serem observados em projetos de aproveitamento energético da fração orgânica de RSU merecem ser destacados. O objetivo da redução de rejeitos, bem como o lançamento dos mesmos para disposição final adequada é um deles. (Art. 7, art. 9, art. 36), temos ainda no âmbito dos RSU que a PNRS:

- Destaca o planejamento do setor, através de planos municipais de gestão integrada a serem elaborados até agosto 2012, além do plano nacional de gestão de resíduos sólidos, dos planos estaduais, e dos planos de gerenciamento de resíduos sólidos para geradores específicos. Segundo Pesquisa MUNIC de 2013, do IBGE, 1865 municípios declararam possuir planos de gestão integrada de resíduos. Em julho de 2015 o Senado Federal aprovou a prorrogação dos prazos para elaboração dos planos estaduais e municipais.
- Destaca a erradicação dos lixões, através da obrigatoriedade de implementar aterros sanitários para os rejeitos até agosto 2014; (Art. 54) Em Julho de 2015 o Senado Federal aprovou a prorrogação escalonada do prazo de acordo com perfil do ente federativo, conferindo prazos mais longos para municípios com população inferior a 50 mil habitantes e mais curtos para as capitais de Estados e Municípios integrantes de região metropolitana ou de região integrada de desenvolvimento, que possuem maior população e maior capacidade orçamentária financeira. Assim as capitais e municípios de região metropolitana terão até 31 de julho de 2018 para acabar com os lixões. Os municípios de fronteira e os que contam com mais de 100 mil habitantes, com base no Censo de 2010, terão um ano a mais para implementar os aterros sanitários. As cidades que têm entre 50 e 100 mil habitantes terão prazo até 31 de julho de 2020. Já o prazo para os municípios com menos de 50 mil habitantes será até 31 de julho de 2021.
- Valoriza em vários trechos a inclusão social, através da organização formal de catadores e a sua integração na gestão de resíduos, e a coleta seletiva de resíduos sólidos domésticos (Art. 18, art. 36);
- Valoriza a regionalização da gestão de resíduos, através da priorização de financiamentos para consórcios intermunicipais (Art. 16);

- Introduz a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos e a logística reversa para alguns grupos de resíduos.[1]

Especificamente em relação ao aproveitamento energético podemos citar os seguintes trechos da PNRS e do seu decreto regulamentador:

CAPÍTULO I - DISPOSIÇÕES PRELIMINARES

Art. 9. Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

§ 1. Poderão ser utilizadas tecnologias visando à recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos, desde que tenha sido comprovada sua viabilidade técnica e ambiental e com a implantação de programa de monitoramento de emissão de gases tóxicos aprovado pelo órgão ambiental.

CAPÍTULO V - DOS INSTRUMENTOS ECONÔMICOS

Art. 42. O poder público poderá instituir medidas indutoras e linhas de financiamento para atender, prioritariamente, às iniciativas de:

VIII - desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos.

Decreto 7.404/2010:

TÍTULO IV - DAS DIRETRIZES APLICÁVEIS À GESTÃO E GERENCIAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Art. 36: A utilização de resíduos sólidos nos processos de recuperação energética, incluindo o co-processamento, obedecerá às normas estabelecidas pelos órgãos competentes.

Art. 37: A recuperação energética dos resíduos sólidos urbanos referida no § 1º do art. 9º da Lei nº 12.305, de 2010, assim qualificados consoante o art. 13, inciso I, alínea "c", daquela Lei, deverá ser disciplinada, de forma específica, em ato conjunto dos Ministérios do Meio Ambiente, de Minas e Energia e das Cidades.

Parágrafo único: O disposto neste artigo (Art. 37 – nota do autor) não se aplica ao aproveitamento energético dos gases gerados na biodigestão e na decomposição da matéria orgânica dos resíduos sólidos urbanos em aterros sanitários.

[1] Embalagens de agrotóxicos e resíduos perigosos; pilhas e baterias; pneus; óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens; lâmpadas fluores-centes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista; produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

TÍTULO XI - DOS INSTRUMENTOS ECONÔMICOS

Art. 81: As instituições financeiras federais poderão também criar linhas especiais de financiamento para:

II - atividades destinadas à reciclagem e ao reaproveitamento de resíduos sólidos, bem como atividades de inovação e desenvolvimento relativas ao gerenciamento de resíduos sólidos.

11.1.2 Lei Nacional de Saneamento Básico

Lei Nacional de Saneamento Básico (LNSB, Lei No. 11.445, de 05/01/2007) e seu decreto regulamentador (no. 7.217/2010).

Conforme a LNSB, o saneamento básico é o conjunto de serviços, infraestruturas e instalações operacionais de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas.

A limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos são entendidos como o "conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destino final do resíduo doméstico e do resíduo originário da varrição e limpeza de logradouros e vias públicas", sendo que neste contexto se inserem processos de aproveitamento energético de RSU.

Esta temática pode ser relacionada ao Art. 48 da LNSB: "a União, no estabelecimento de sua política de saneamento básico, observará as seguintes diretrizes: (IX) fomentar o desenvolvimento científico e tecnológico, a adoção de tecnologias apropriadas e a difusão dos conhecimentos gerados de interesse para o saneamento básico; e (X) minimizar os impactos ambientais relacionados à implantação e desenvolvimento das ações, obras e serviços de saneamento básico e assegurar que sejam executadas de acordo com as normas relativas à proteção do meio ambiente, ao uso e ocupação do solo e à saúde."

O Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB) aprovado em 2013 constituiu o eixo central da política federal para o saneamento básico, promovendo a articulação nacional dos entes da federação para a implementação das diretrizes da Lei 11.445/07. É instrumento fundamental a retomada da capacidade orientadora do Estado na condução da política pública de saneamento básico e, consequentemente, da definição das metas e estratégias de governo para o setor no horizonte dos próximos vinte anos, com vistas à universalização do acesso aos serviços de saneamento básico como um direito social. O plano estabelece diretrizes, metas e ações de saneamento básico até 2033. Os investimentos estimados para este período são de R$ 508,4 bilhões. O Plansab prevê alcançar nos próximos 20 anos 99 % de cobertura no

abastecimento de água potável, e a universalização da coleta seletiva na parte de resíduos sólidos.

11.1.3 Plano Nacional de Resíduos Sólidos

O plano nacional de resíduos sólidos elaborado em 2012 definiu como metas a redução tanto dos resíduos secos quanto úmidos(veja Tabela 11-1 e Tabela 11-2). Apesar de não ter sido editado encontra-se em fase de atualização pelo Ministério de Meio Ambiente.

Segundo Geraldo Reichert, Coordenador da Câmara Técnica de Resíduos Sólidos da ABES- nacional:

Tabela 11-1 – Redução de percentual de resíduos secos

Meta	Região	Plano de Metas				
		2015	2019	2023	2027	2031
Redução dos resíduos recicláveis secos dispostos em aterro, com base na caracterização nacional em 2013	Brasil	22	28	34	40	45
	Região Norte	10	13	15	17	20
	Região Nordeste	12	16	19	22	25
	Região Sul	43	50	53	58	60
	Região Sudeste	30	37	42	45	50
	Região Centro-oeste	13	15	18	21	25

Fonte: Geraldo Reichert - 2º Congresso técnico Brasil e Alemanha em Florionópolis, 2014.

Tabela 11-2 - Redução de percentual de resíduos úmidos

Meta	Região	Plano de Metas				
		2015	2019	2023	2027	2031
Redução do percentual de resíduos úmidos dispostos em aterros, com base na caracterização nacional realizada em 2013	Brasil	19	28	38	46	53
	Região Norte	10	20	30	40	50
	Região Nordeste	15	20	30	40	50
	Região Sul	30	40	50	55	60
	Região Sudeste	25	35	45	50	55
	Região Centro-oeste	15	25	35	45	50

Fonte: Geraldo Reichert - 2º Congresso técnico Brasil e Alemanha em Florionópolis, 2014.

11.1.4 Plano Estadual de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de São Paulo

O Plano de Resíduos Sólidos do Estado de São Paulo foi lançado em outubro de 2014 sendo um importante instrumento previsto nas Políticas Nacional e Estadual de Resíduos Sólidos, e que faz parte de um processo que objetiva provocar uma gradual mudança de atitude, hábitos e consumo na sociedade paulista.

O objetivo do plano é permitir ao Estado programar e executar atividades capazes de transformar a situação atual em uma condição desejada, de modo a aumentar a eficácia e a efetividade da gestão dos resíduos sólidos. O documento lida com questões de curto, médio e longo prazos, com vistas não só a resolver problemas imediatos, mas também a evitar e mitigar problemas futuros e potencializar boas práticas e soluções inovadoras na área.

O Plano Estadual de Resíduos Sólidos é composto por quatro seções: o Panorama dos Resíduos, o Estudo de Regionalização e Proposição de Arranjos Intermunicipais, a Proposição de Cenários e as Diretrizes, Metas e Ações, que tratam de estratégias a serem adotadas ao longo de dez anos para assegurar a implementação do Plano Estadual, norteadas pela obrigatoriedade de adoção da hierarquização na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos – não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final adequada dos rejeitos.

O plano estadual de resíduos sólidos elaborado pelo Governo do Estado em 2012 estabelece, de forma geral, as seguintes metas:

- Meta 4.7 - Redução dos Resíduos Recicláveis Secos dispostos em Aterro (com base na caracterização nacional de 2013)

  2019: 37 %; 2023: 42 % e 2025: 50 %

- Meta 4.8 - Redução Percentual de Resíduos Úmidos dispostos em Aterros (com base na caracterização nacional de 2013)

  2019: 35 % ; 2023: 45 % e 2025: 55 %

11.1.5 Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos de Ubatuba

O plano foi construído de forma participativa pelos mais variados setores da sociedade civil e das partições públicas. Tendo como base os trabalhos desenvolvidos pela I Conferência Municipal do Meio Ambiente, celebrada em 2013, houve participação de centenas de pessoas nos trabalhos da I CMMA, especialmente dos delegados de cada região, tendo sido o mesmo oficializado juntamente com a Política Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos em 02 de Dezembro de 2014.

A política municipal estabelece como objetivos em seu art. 6º o incentivo à reciclagem, a redução de volume e da periculosidade dos resíduos, entre outras medidas e em seu art.9º firma como prioridades: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

12 Panorama Tecnológico

12.1 Aspectos gerais

Os setores de gerenciamento de resíduos sólidos discutem hoje o resíduo como elemento chave para a gestão racional dos recursos naturais visando atender aos seguintes tópicos:

- Proteção do clima – mitigando a emissão de gases de efeito estufa;
- Aumento da eficiência dos recursos naturais – emprego de matéria-prima secundária.

Seguindo a tendência de valorização temos que a PNRS ratificou em suas diretrizes o processo de desenvolvimento e consolidação da efetiva Gestão Integrada dos Resíduos Sólidos e incentivo à utilização de novas tecnologias de tratamento preliminarmente à disposição final. (FRICKE; PEREIRA, 2012, p. 3)

Sabe-se, portanto, que a expressiva geração de resíduos orgânicos em aterros sanitários implica em uma série de riscos ambientais caso não seja manejada de forma adequada, tais como: contaminação de mananciais, solo e subsolo por lixiviados, recalques e escorregamentos de aterros, combustão espontânea e emissão de gases de efeito estufa (BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia, 2006, p. 4-5).

Havendo uma gestão adequada das frações orgânicas não apenas controlam-se os mencionados riscos, mas também se garante a transformação da massa orgânica em material condicionante de solos e em energia.

É de domínio público que a Alemanha é tida como celeiro de tecnologias para a valorização de resíduos, expandindo suas atuações em todo o mercado europeu, asiático e africano. Atualmente sua participação no mercado de tratamento de resíduos transpassou o simples fornecimento de maquinários e tecnologias alcançando ações que vão desde desenvolvimento e implementação de sistemas de monitoramento até a definição de fontes jurídicas para regulamentação dos mercados de resíduos, situação esta que pode ser apontada em nosso artigo 9º da PNRS que é replica da normativa alemã para gestão de resíduos.

Após a adoção de opções de redução na fonte e reaproveitamento, deve-se buscar o tratamento dos resíduos de modo a reduzir o seu volume, carga orgânica ou toxicidade.

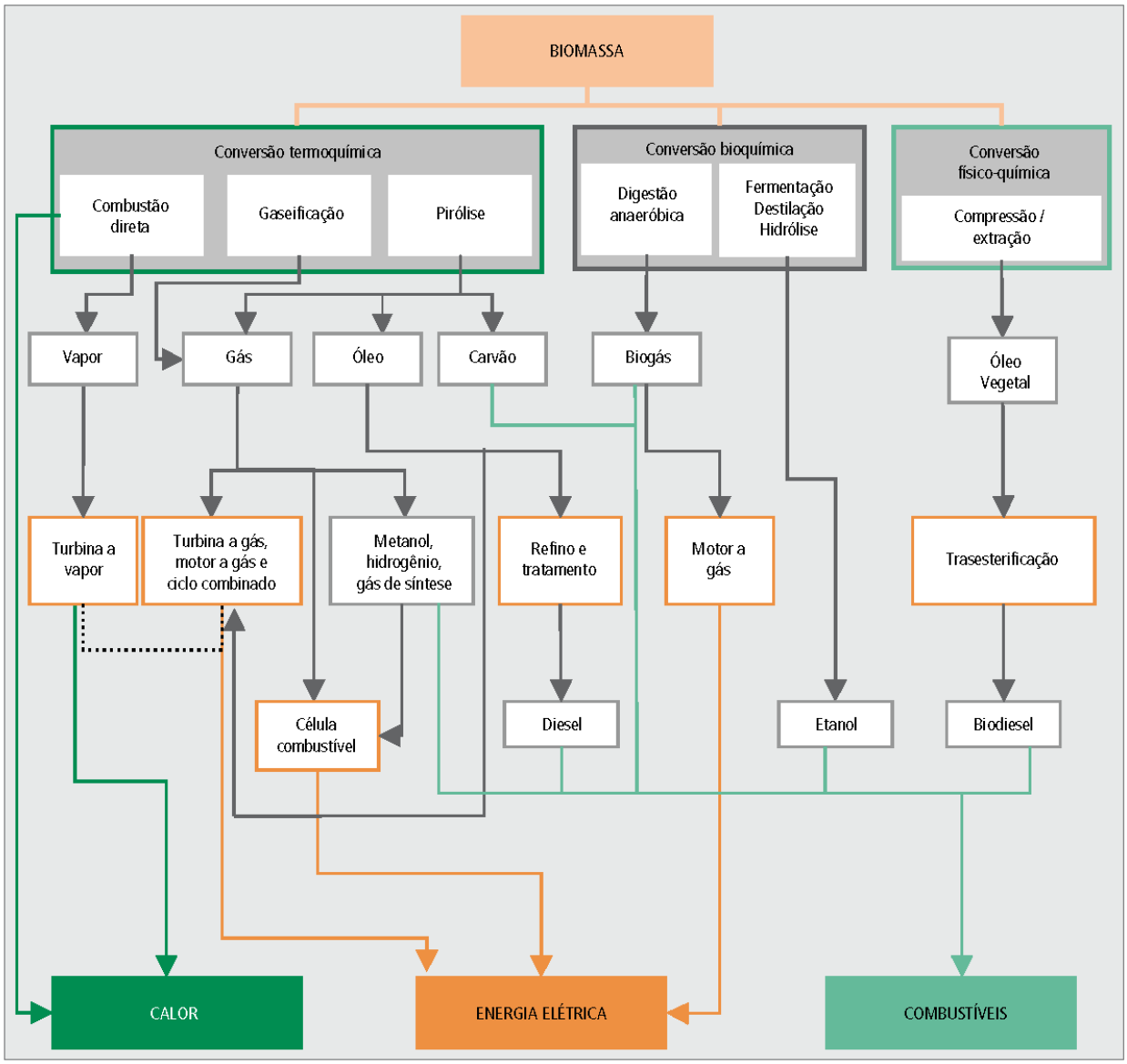
Segundo Schmidt (2011) em relatório "*Organic Waste to Energy: Estudo sobre o Aproveitamento Energético da Fração Orgânica dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil – Tecnologias, Estado da Arte e Perspectivas*", pode-se definir energia renovável como fontes de energia que se renovam constantemente e com rapidez através de proces-

sos naturais, como, por exemplo, energia solar, eólica, geotérmica, marítima e de biomassa.

Ainda define Schmidt (2011), que o aproveitamento energético da biomassa se dá através de processos de transformação físico-químicos (carbonização, gaseificação, pirólise), termoquímicos (prensagem, extração) e bioquímicos (fermentação alcoólica, decomposição aeróbia e anaeróbia).

A Figura 12-1 apresenta a utilização dos resíduos como fonte energética, alguns processos de conversões químicas e bioquímicas e seus respectivos produtos.

Figura 12-1 - Rotas tecnológicas de conversão energética de biomassa



Fonte: BRASIL. Ministério de Minas e Energia, 2009.

Conforme apresentou Schmidt (2011) em relatório "Organic Waste to Energy: Estudo sobre o Aproveitamento Energético da Fração Orgânica dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil – Tecnologias, Estado da Arte e Perspectivas":

> Existem três rotas tecnológicas para a utilização do resíduo como fonte energética. Uma delas é a combustão direta dos resíduos sólidos. Outra é a gaseificação por meio da termoquímica (produção de calor por meio de reações químicas). Finalmente, a terceira (mais utilizada para a produção do biogás) é a reprodução artificial do processo natural em que a ação de micro-organismos em um ambiente anaeróbio realiza a decomposição da matéria orgânica e, em consequência, a produção do biogás. (SCHMIDT, 2011, p. 39)
>
> A recuperação de biogás – seja gerado em aterros energéticos ou em biodigestores – e consequente geração de energia por combustão do gás deve estar atrelada a uma destinação otimizada de resíduos sólidos. Dentro de uma gestão integrada de resíduos que engloba coleta seletiva, reuso, reciclagem de matérias e captação de biogás, têm-se um balanço energético fortemente positivo, pois acumula a economia de energia advinda da produção de bens a partir de matéria-prima secundária, em vez de extração de matéria-prima virgem, ainda os ganhos energéticos em função de uma logística otimizada e substitui os fertilizantes químicos pelo uso do substrato da biodigestão em projetos de agricultura periurbana.
>
> O estudo Renewables (2007) Global Status Report, da REN21, informa que, apesar de pequena, a aplicação comercial de usinas a biogás nos últimos anos tem apresentado significativo crescimento nos países em desenvolvimento, particularmente na China e Índia. Países desenvolvidos, como Alemanha e Estados Unidos, também têm utilizado os resíduos urbanos e industriais para a produção de energia. (SCHMIDT, 2011, p. 18)

12.2 Tecnologia de Biodigestão – Tratamento Biológico Anaeróbio

Após o conhecimento da atividade desses microrganismos, os produtos das indústrias derivados do leite e de bebidas alcoólicas fazem parte do setor mais importante da bioindústria de alimentos (ZEHNDER; SVENSSON, 1986 citados por FORESTI; FLORÊNCIO; VAN HAANDEL; ZAIAT; CAVALCANTI, 1999, p. 29).

A digestão anaeróbia é um processo biológico no qual um consórcio de diferentes morfotipos de microrganismos, na ausência de oxigênio molecular, promove a transformação de compostos orgânicos complexos (carboidratos, proteínas e lipídios) em produtos mais simples como o metano e gás carbônico. Nos sistemas de tratamento anaeróbio de resíduos sólidos, procura-se acelerar o processo da digestão, criando-se condições favoráveis para os microrganismos, tanto no que se refere à etapa de projeto quanto na de operação (BRASIL/MCT, 2006).

O processo de fermentação ganhou nos últimos anos cada vez mais destaque no mercado de gestão de resíduos impulsionado pela valorização das energias provenientes de fontes regenerativas. Tanto a tecnologia de fermentação como os diversos conceitos de utilização de biogás alcançaram maturidade no mercado e superaram as dificuldades operacionais iniciais.

As técnicas de fermentação encontram-se consolidadas e disponíveis no mercado diferindo quanto ao teor de frações secas que alimentarão o fermentador, temperatura de processo bem como quanto ao fluxo de resíduos. As técnicas variam de forma geral entre a fermentação seca, úmida e de forma específica entre fermentação seca contínua e descontínua.

Os processos de fermentação são designados como secos ou úmidos segundo o índice de substância sólida presentes em seu interior, onde processos de fermentação seca operam com índices de 20 a 55 % de substâncias secas.

No processo de fermentação úmida, o substrato é misturado até um índice de substância seca de até 20 % através da adição de líquido, geralmente água oriunda da prensagem das frações fermentadas e que recircula no processo, por vezes é necessária adição suplementar de água da rede. Esta mistura ocorre até que seja possível misturar e bombear a massa. Nessa etapa processual são excluídos materiais inertes como areias e pedras, que podem ocasionar problemas técnicos ao processo e quando são excluídos permitem um enriquecimento orgânico da massa.

Nos últimos anos foram adaptados processos inovadores para a preparação de substratos através do processo úmido. Variantes foram instituídas nos processos na forma de introdução de frações que garantam um maior ganho energético como os resíduos verdes. Ainda introduziu-se o sistema de compostagem ao término da fermentação. Também se otimizou a gestão dos líquidos processuais buscando sua recirculação e melhorando o sistema de prensagem. O objetivo do processo de percolação é atingir uma quantidade de percolados capazes de transportar os componentes orgânicos presentes nos resíduos na fase líquida que serão empregados durante a fermentação úmida.

Os processos de fermentação úmida mostraram bons resultados especialmente no aproveitamento de resíduos alimentícios e resíduos sólidos biogênicos comerciais, mas não para resíduos domiciliares. (FRICKE; PEREIRA, 2012, p. 43-45)

As técnicas de fermentação e os procedimentos de operação tiveram desenvolvimento significativo nos últimos anos, onde durante a década de 1990 prevaleceu a introdução de técnicas úmidas com implantações proporcionais dos estágios únicos ou duplos.

Avaliando os dados captados no relatório “Steigerung der Energieeffizienz in der Verwertung biogener Reststoffe. Endbericht zu Förderprojekt 03 KB 022” (FRICKE, 2013),

a partir do ano 2000, foram instalados quase que exclusivamente os processos de fermentação secos. Atualmente esta tendência permanece e pode ser notada nas plantas que estão em fase de construção, ou seja, todas as plantas em construção privilegiam as técnicas de fermentação a seco. Conforme retratado no relatório, das 63 plantas de fermentação, 46 são operadas a partir do método seco. Desde 2004, 36 plantas foram construídas com processos secos e apenas cinco com processos úmidos (Tabela 12-1).

Tabela 12-1 - Período de operação de plantas de fermentação para resíduos orgânicos e verdes, diferenciadas segundo os tipos de técnica e de operação

	Quantidade							
	Total	**antes de 1995**	**1995-1997**	**1998-2000**	**2001-2003**	**2004-2006**	**2007-2009**	**2010-2011**
Total	63	1	11	9	1	10	18	13
Processo úmido	17	1	7	4	0	4	1	0
Um estágio	8	0	4	2	0	1	1	0
Dois estágios	9	1	3	2	0	3	0	0
Processo seco	46	0	4	5	1	6	17	13
Contínuo	21	0	3	5	1	3	5	4
Descontínuo	25	0	1	0	0	3	12	9
Um estágio	54							
Dois estágios	9							

Fonte: Fricke, 2013.

Nos últimos cinco anos identificou-se também na Europa a mesma tendência que a demonstrada na Alemanha, onde os processos secos tiveram suas implementações privilegiadas. Esta tendência torna-se mais evidente quando são avaliadas as plantas de fermentação voltadas para o tratamento dos resíduos domiciliares (DE BAERE; MATTHEEUWS, 2010, citados por FRICKE, 2013).

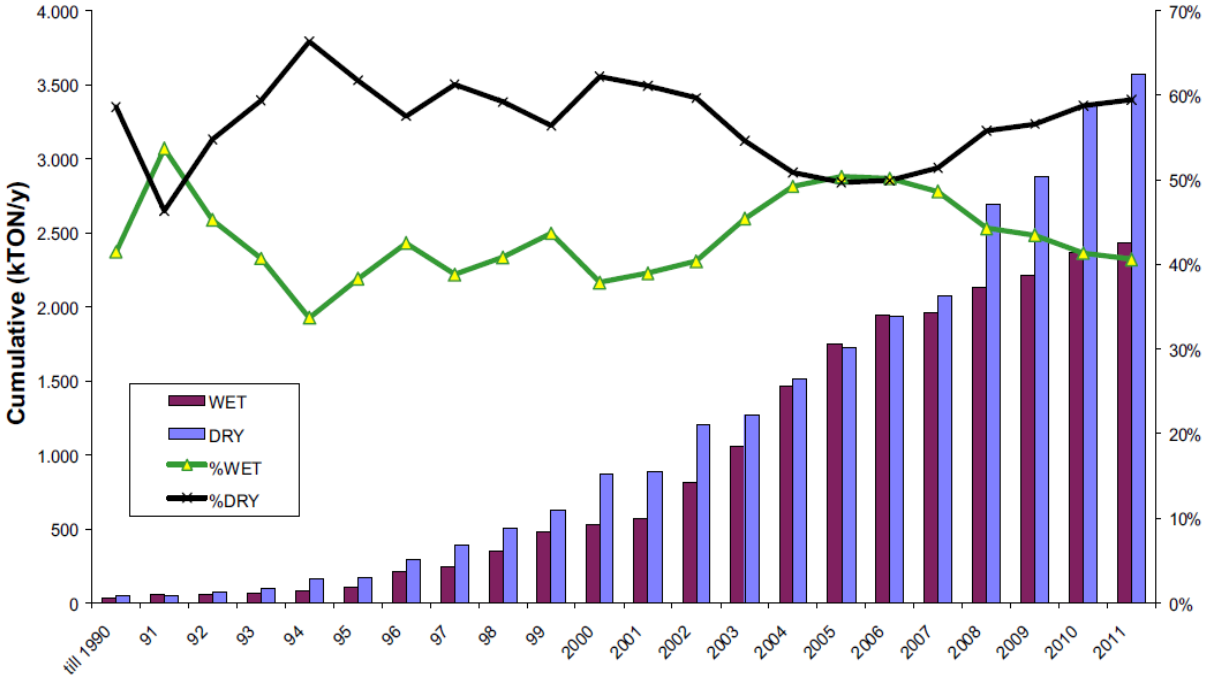
Considerando os procedimentos de operação, respectivamente estágio único ou duplo, para a fermentação de resíduos sólidos, destaca-se a tendência de utilização do método seco em detrimento do processo por via úmida. Assim, processos em duas fases, inevitavelmente, se tornarão menos importantes.

Em todos os tipos de fermentadores tem-se o processo de sedimentação de materiais pesados como uma das perturbações mais frequentes, fazendo com que se intensifique a busca por processos que minimizem a presença dessas substâncias no corpo do fermentador. Mesmo que medidas mitigadoras sejam empregadas, deve-se considerar a necessidade de abertura do fermentador para retirada de sedimentos, estes encaminhados para aterramento. Neste contexto, há necessidade de disposição de peças de reposição para um ajuste rápido do equipamento, quando do seu

desgaste ocasionado pela alteração das viscosidades e pela presença de materiais abrasivos que podem comprometer o funcionamento do eixo de mistura do fermentador.

A Figura 12-2 mostra o desenvolvimento ao longo dos anos de tecnologias de fermentação secas e úmidas na Europa.

Figura 12-2 - Desenvolvimento de tecnologias de fermentação secas e úmidas na Europa



Fonte: De Baere e Mattheeuws 2010, citados por Fricke, 2013.

12.2.1 CLASSIFICAÇÃO DO PROCESSO DE BIODIGESTÃO

Os critérios técnicos para a escolha de um processo de biodigestão decorrem, via de regra, em função da oferta e da qualidade do substrato inicial (SCHMIDT, 2011, p. 42).

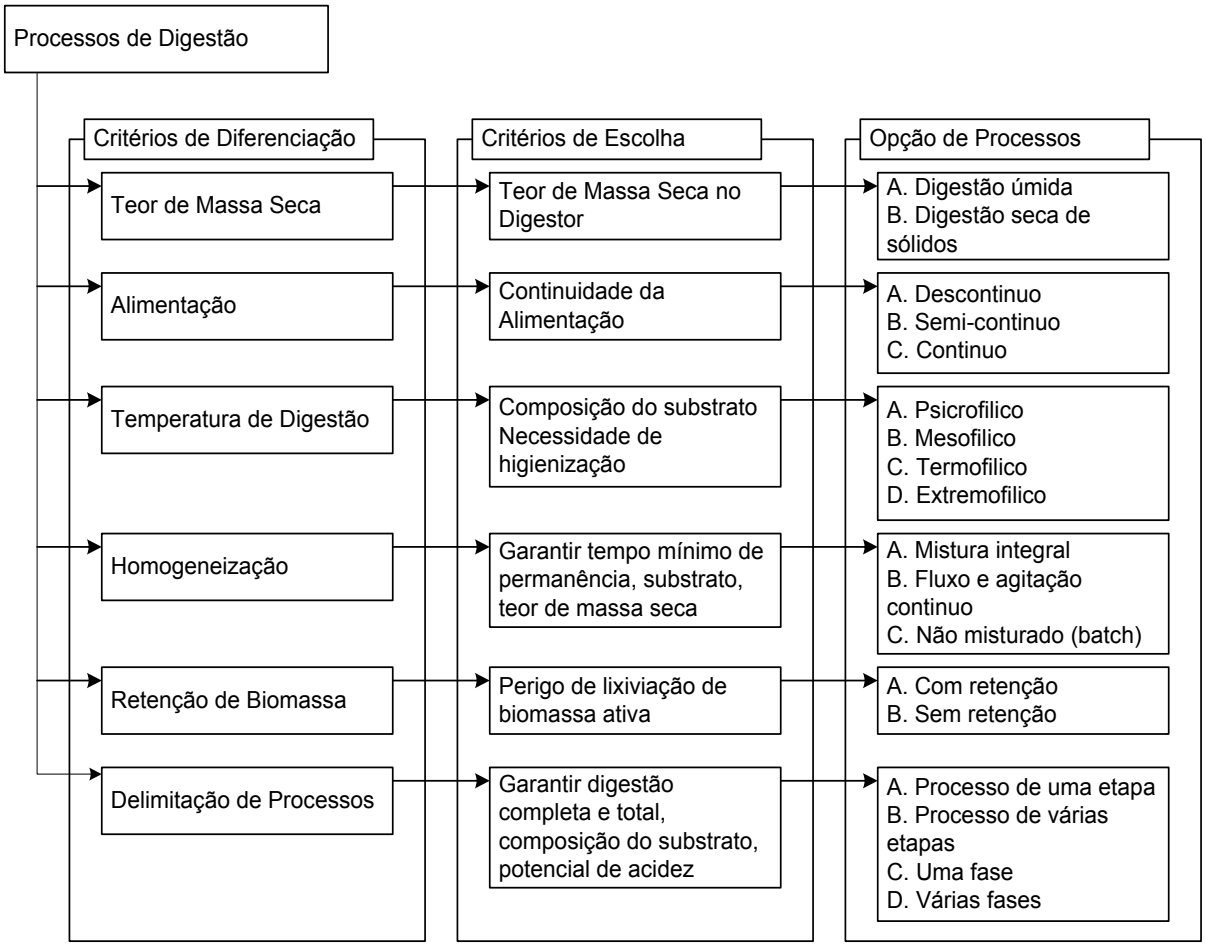
Conforme relata Schmidt (2011) em relatório "Organic Waste to Energy: Estudo sobre o Aproveitamento Energético da Fração Orgânica dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil – Tecnologias, Estado da Arte e Perspectivas", os processos de fermentação podem ser diferenciados segundo:

- Taxa de massa seca do conteúdo do fermentador;
- Forma de carregamento do substrato a ser fermentado;
- Temperatura de fermentação;
- Forma de homogeneização;

- Forma de processamento da biomassa ativa, especificamente na fermentação de substratos de baixo valor de massa sólida, por exemplo, o esgoto;
- Forma de separação e interligação dos processos parciais.

Estas opções são classificadas e descritas na Figura 12-3:

Figura 12-3 - Parâmetros para escolha do processo de biodigestão



Fonte: Schmidt, 2011.

Segundo Schmidt (2011), em relatório "Organic Waste to Energy: Estudo sobre o Aproveitamento Energético da Fração Orgânica dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil – Tecnologias, Estado da Arte e Perspectivas", a diferenciação em processos de fermentação úmida e seca depende do teor de massa seca do conteúdo do fermentador, que de qualquer forma precisa de um meio que oferece umidade suficiente para o desenvolvimento e sobrevivência dos micro-organismos.

Uma linha clara de diferenciação entre fermentação úmida e seca não é bem definida, não obstante esta diferenciação ocorre na prática da seguinte forma: no

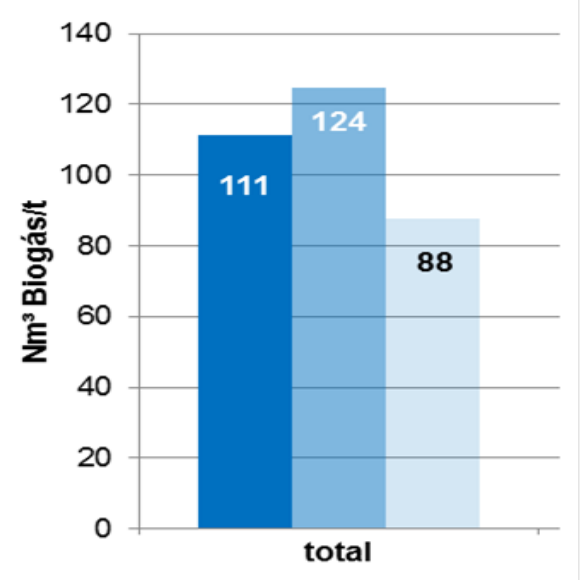
processamento de substratos provenientes de plantas energéticas, num teor de massa seca até 20 % utiliza-se a fermentação úmida, por o substrato ainda apresentar características que permitem o seu bombeamento. Quando o teor de massa seca excede 20 %, geralmente trata-se de um substrato que não é mais bombeável e, portanto, processos de fermentação seca são indicados, conforme relata Schmidt (2011).

O princípio de funcionamento do biodigestor é diretamente interligado com o processo de digestão, que por sua vez depende do substrato inicial. As opções tecnológicas mais comuns são processos de mistura integral, de fluxo contínuo e agitação constante, e o biodigestor modular em batelada (batch process). Além disso, existem processos combinados e especiais (SCHMIDT, 2011).

De acordo com o relatório "Steigerung der Energieeffizienz in der Verwertung biogener Reststoffe" – elaborado por Fricke, em 2013, literatura – no que se refere a produção de biogás, temos que a fermentação úmida é mais eficiente, seguida da seca contínua. Porém, a desvantagem identificada no potencial de geração de biogás é compensada quando se avalia os métodos de fermentação úmida e seca contínua que demandam um material de entrada bastante limpo e em dimensões menores que 50 mm, possuem custos de manutenção mais elevados e geram efluentes líquidos que podem exigir tratamento.

A Figura 12-4 a seguir apresenta as diferentes variações e níveis de produção de biogás dos três tipos de fermentação abordados nesse trabalho.

Figura 12-4 - Níveis de biogás produzidos pelos diferentes tipos de Fermentação



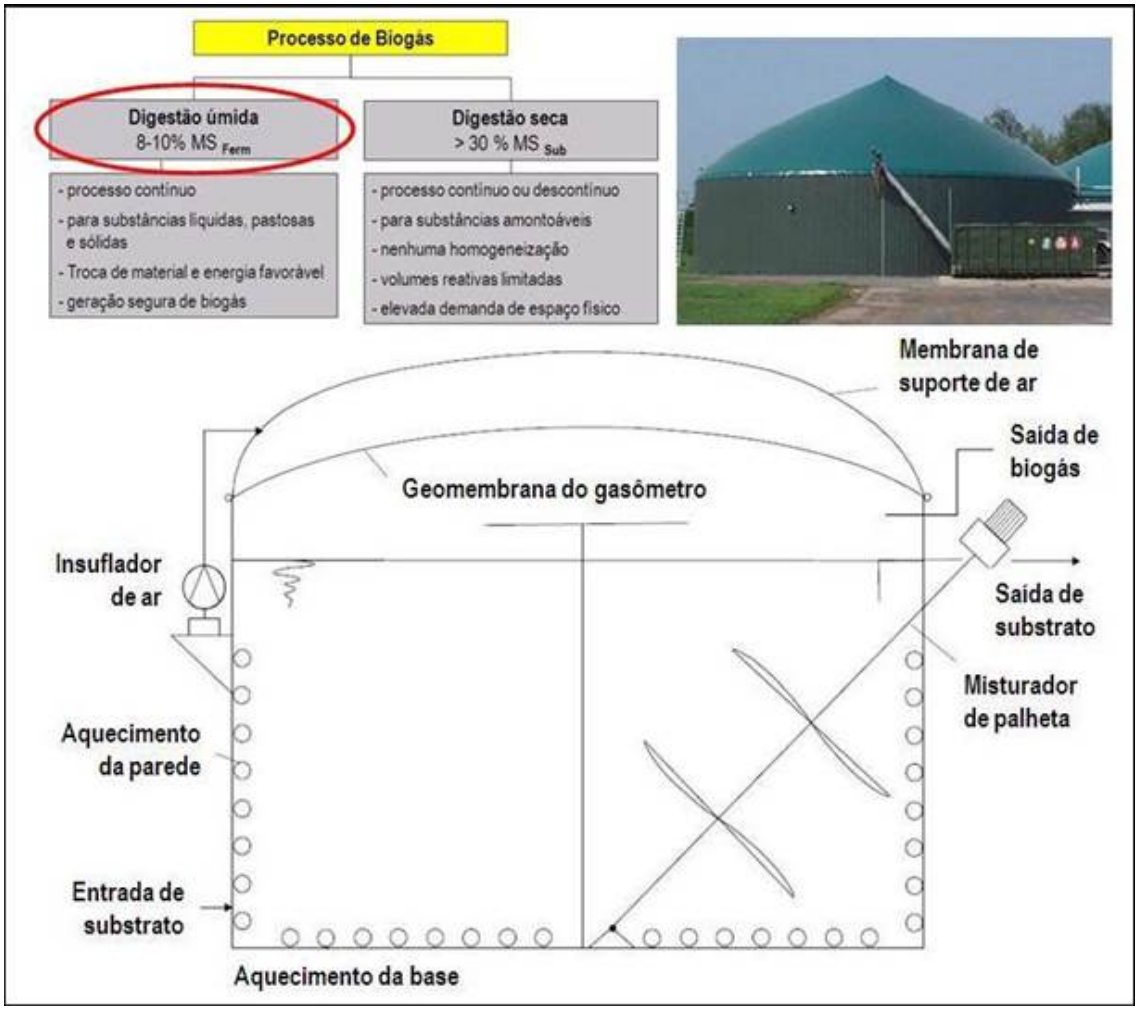
Fonte: Fricke e Pereira, 2013a.

12.2.2 FERMENTAÇÃO ÚMIDA

Segundo Schmidt (2011) em relatório "Organic Waste to Energy: Estudo sobre o Aproveitamento Energético da Fração Orgânica dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil – Tecnologias, Estado da Arte e Perspectivas", o processo de mistura integral (Continuosly Stirred Tank Reactor – CSTR) é muito utilizado na digestão de resíduos da agricultura e da pecuária, estes de estrutura homogênea, representando aproximadamente 90 % dos sistemas de biogás instalados.

O biodigestor dispõe de uma base em concreto e paredes em aço ou concreto armado, podendo ser enterrado parcialmente ou totalmente enterrado. A cobertura do biodigestor é selada, impermeável ao gás, podendo ser uma membrana de geotêxtil ou laje de concreto. A mistura integral é realizada por uma grande variedade de sistemas de misturadores, conforme ilustrado na Figura 12-5.

Figura 12-5 - Esquema de um biodigestor de mistura integral para fermentação úmida de forma contínua



Fonte: Adaptado pelo autor, 2013 na base de Schmidt, 2011

Existem várias opções para induzir a mistura do substrato no biorreator. Há sistemas de mistura induzida (através de misturadores mecânicos ou injeção de gás), tanto para sistemas de mistura integral quanto para sistemas de fluxo contínuo e agitação constante (PlugFlow), conforme relata Schmidt (2011).

12.2.3 Fermentação seca contínua e descontínua

No sistema contínuo, o fermentador é abastecido de forma constante com frações orgânicas frescas e resíduos fermentados. Tem-se uma geração de biogás contínua preservando sua qualidade no que se refere ao teor de metano.

Este sistema opera com um índice de frações sólidas entre 20 e 40 % onde as frações orgânicas são misturas com os líquidos processuais formando uma massa semissólida homogênea. Ao contrário de processos de fermentação úmidas em que os fermentadores são concebidos como reatores de mistura completo, na fermentação seca contínua predominam os fermentadores na forma de corrente de enxerto, onde os materiais são continuamente enxertados, transportados e fermentados.

Os processos de fermentação foram sofrendo transformação durante as últimas décadas sendo desenvolvido o sistema seco contínuo e, logo em seguida, o seco descontínuo, este a versão mais moderna da fermentação e classificado da seguinte forma:

O processo de digestão da massa seca acontece em espaços fechados na forma de garagens ou containers e é umedecida por líquidos processuais. O substrato é introduzido nos túneis de fermentação por uma pá-carregadeira e permanecerá até o término da fermentação. O fermentador permanecerá em operação durante algumas semanas então será aberto, descarregado e recarregado.

Assim, não há uma produção regular e de qualidade do biogás, devendo o sistema ser compensado quando da instalação de diversos túneis de fermentação que operam paralelamente em fases diferentes e também de tanque de percolação, garantindo assim índices totais de biogás de qualidade e regular. Os resíduos fermentados não precisam sofrer ação mecânica de prensagem, portanto não geram emissão líquida.

As técnicas de fermentação seca vêm sendo empregadas nos últimos anos para a valorização dos resíduos orgânicos de origem domiciliar e verdes.

Não há necessidade do emprego de técnicas de trituração, afastamento de contaminantes ou mesmo mistura com resíduos fermentados. O biogás é produzido pela degradação biológica nos túneis e também durante a decomposição dos líquidos armazenados no tanque de percolados. Este tanque tem a finalidade de garantir o umedecimento da massa e ainda a homogeneidade da carga de metano presente

no biogás. O percolado é recirculado, de modo que apenas uma pequena fração permanece na forma de emissão líquida devendo ser encaminhado para tratamento.

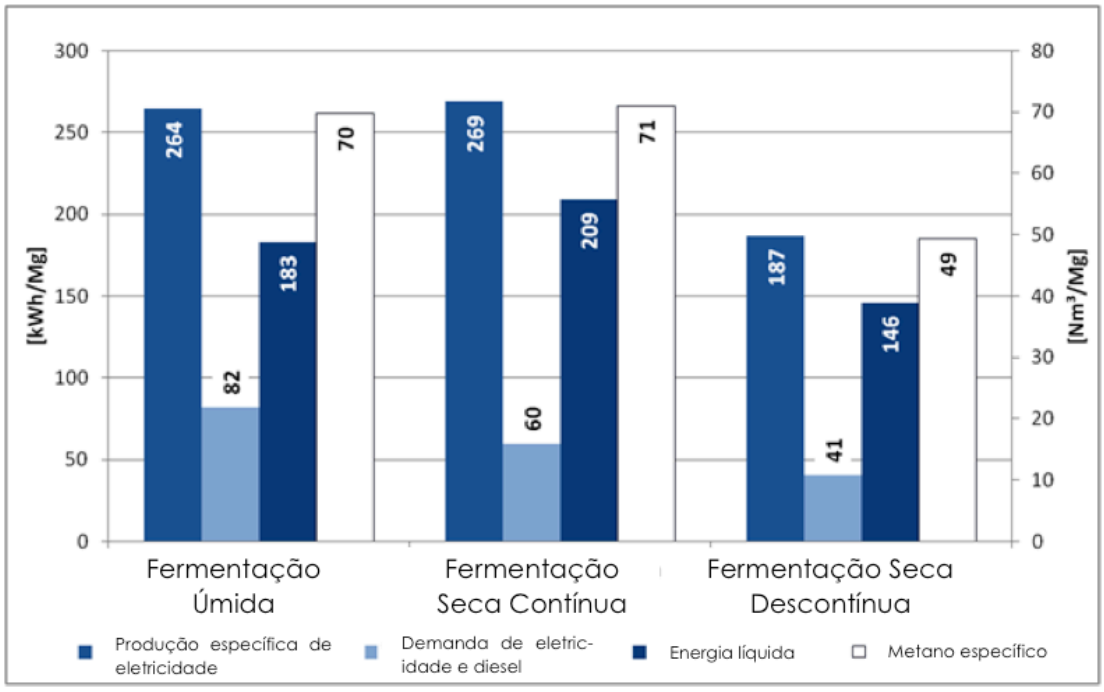
Os métodos oferecidos no mercado diferem principalmente quanto a concentração de percolados (periodicamente, intermitentemente ou continuamente) e o aquecimento do fermentador (pré-aquecimento biológico por ventilação, aquecimento do fermentador, aquecimento dos líquidos percolados), Schmidt (2011).

12.2.4 Geração de Biogás

Avaliando os dados apresentados em "Apresentação técnica para módulo gestão de resíduos aplicado no curso de mestrado Engenharia Urbana e Ambiental na PUC-Rio" pelo Prof. Dr. Klaus Fricke da Universidade Técnica de Braunschweig, em março de 2013 (FRICKE; PEREIRA, 2013a), temos que o rendimento da geração de biogás não difere de forma significativa entre as tecnologias secas e úmidas. A fermentação seca descontínua tem uma geração inferior variando entre 80 até 117 Nm³ CH4/t e a contínua entre 100 até 130 Nm³ CH4/t.

A Figura 12-6 apresenta o balanço energético em processo termofílico para a fermentação úmida, seca contínua e seca descontínua.

Figura 12-6 - Balanço energético no processo termofílico para fermentação úmida, seca contínua e fermentação seca descontínua



Fonte: Fricke, Heussner, Huttner, Turk e Biblingmaier, 2013a.

Para a operação da planta é necessária energia na forma de calor e elétrica, que pode ser obtida com o processamento do biogás. A demanda de energia é menor na fermentação seca descontínua, consumindo de 3-10 % da energia elétrica e cerca de 10-20 % da energia térmica gerada a partir da fermentação. O consumo de energia é significativamente superior na fermentação úmida e seca contínua onde a concepção tecnológica é diferente contemplando mecanismos que demandam maior consumo (procedimento mecânico para mistura da massa orgânica e ainda maior necessidade de calor pela atividade termofílica) (UMWELTBUNDESAMT (UBA), 2010).

12.2.5 BALANÇO HÍDRICO

O balanço hídrico e suas consequências constituem parâmetros importantes para a decisão quanto a tecnologia a ser empregada.

Os líquidos são introduzidos no processo de fermentação contínua em decorrência da prensagem da massa fermentada. Uma porção desse líquido permanece recirculando no processo sendo que a maior parte dos líquidos gerados deverão ser encaminhados para tratamento. Na fermentação seca contínua e também na fermentação úmida tem-se um balanço hídrico com excedente que pode alcançar 20 – 30 % da massa encaminhada para processamento. Para tal estas plantas demandam a instalação de um tanque para armazenagem destes líquidos e futuro tratamento. Os lodos presentes nestes tanques podem ser misturados com as frações compostadas e serem empregados como condicionador de solos.

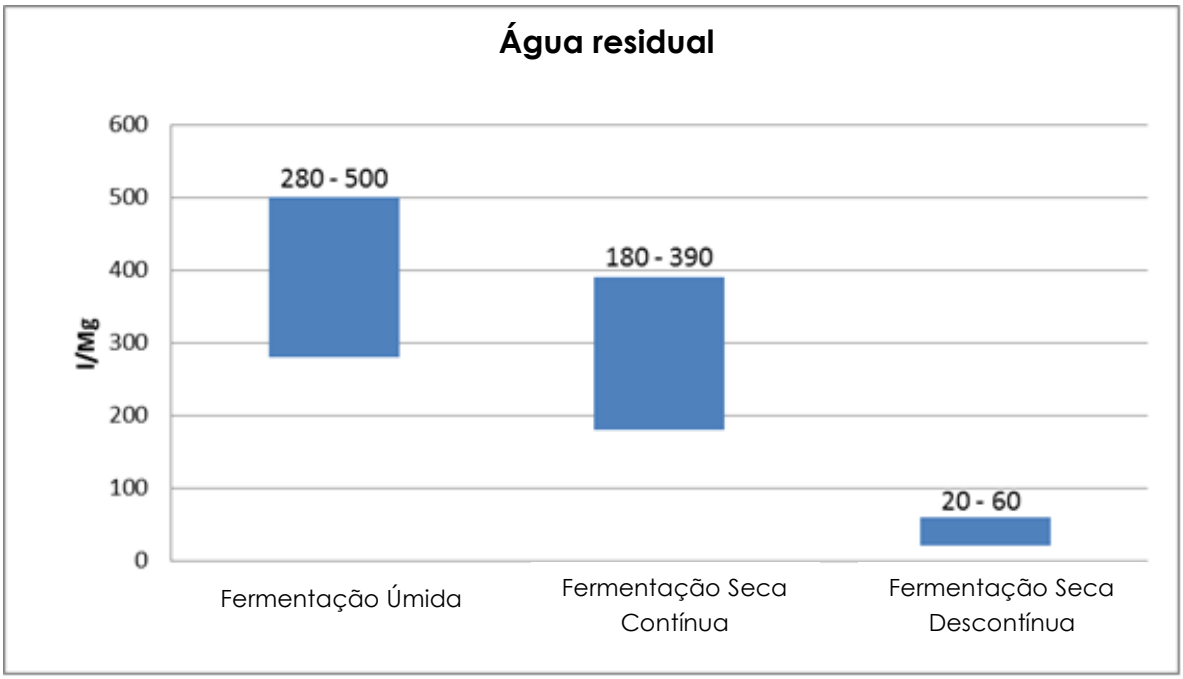
Na Alemanha, onde a coleta de resíduos orgânicos ocorre de forma seletiva, determinando uma massa descontaminada para o processamento, os líquidos gerados são qualificados como fertilizantes orgânicos e são doados aos agricultores da região, afastando assim os custos atrelados ao tratamento destes líquidos.

Segundo pesquisas anteriores estima-se que no Brasil, pela característica de nossa coleta mista, estes resíduos líquidos não poderão ser empregados como fertilizante líquido, mas serão classificados como chorume. De qualquer forma, torna-se essencial a realização de análises físico-químicas destes resíduos.

Na fermentação seca descontínua também há emissão de líquidos na ordem de 2 – 8 % da massa processada. Esta proporção decorre do sistema sucessivo de recirculação e devido à baixa quantidade sobressalente dispensa-se a implementação de um tanque extra de armazenamento, sendo que os líquidos são introduzidos integralmente no sistema.

A Figura 12-7 a seguir mostra a geração de emissões líquidas proporcionalmente a quantidade de resíduos encaminhados para tratamento.

Figura 12-7 - Porcentagem de emissões líquidas com base na quantidade de material encaminhado para o tratamento



Fonte: Fricke, Heussner, Huttner, Turk e Biblingmaier, 2013a.

As tecnologias de ordem biológicas são aplicadas em meios aeróbios e anaeróbios, voltadas para a recuperação energética e produção de composto e biomassa. A base de análise flutua entre as tecnologias anaeróbias de fermentação, úmida e seca (contínua e descontínua) e a aeróbia (compostagem para produção de adubo ou de biomassa). Estas tecnologias podem ser aplicadas isoladamente, apenas a fermentação ou a compostagem ou na forma de combo tecnológico, introduzindo a tecnologia de fermentação anteriormente ao processo aeróbio.

A Tabela 12-2 apresenta as principais características e divergências entre os processos de fermentação seca e fermentação úmida.

Tabela 12-2 - Vantagens e desvantagens: Fermentação Seca x Fermentação Úmida

Fermentação Seca	Fermentação Úmida
O abastecimento de frações orgânicas permanece de forma estacionária no processo, eliminando partes móveis e resultando em um sistema com baixo custo de manutenção e de reparos.	O sistema exige partes mecânicas para garantir a circulação da biomassa líquida no tanque, aumentando os custos de manutenção e reparos.
Processos por batelada e sistemas estacionários permitem controles precisos da recuperação de energia garantindo o máximo aproveitamento.	Mistura líquida provoca remoção prematura da energia sem que a fração orgânica tenha sido integralmente digerida, resultando em perda de energia.

Fermentação Seca	Fermentação Úmida
Balanço de líquidos equilibrado – não há necessidade de adição extra de líquidos para início do processo, em alguns casos é necessário tratamento das emissões líquidas geradas em caráter sobressalente.	Sistema exige adição extra de líquidos para garantir a fermentação, aumentando significativamente a emissão de águas residuais e os respectivos custos de tratamento.
Sendo as frações exclusivamente orgânicas não há necessidade de tratamento mecânico preliminarmente ao biológico, reduzindo assim custos de investimento e de operação.	Mesmo sendo as frações exclusivamente orgânicas há necessidade de tratamento mecânico preliminarmente ao biológico, para não avariar os maquinários através da agitação da massa, incrementando assim os custos de investimento e de operação.
Restrições limitadas dos resíduos para fermentação.	Restrições amplas quanto aos resíduos para fermentação, devendo ser encaminhados apenas as massas úmidas.
Baixo consumo de energia, podendo ser usada uma fração pequena da energia gerada, máximo 10 % de consumo próprio.	Sistemas típicos consomem de 10 – 30 % da energia gerada na planta e para o tratamento das emissões líquidas é necessária energia suplementar.
Baixo volume de fermentador.	Alto volume de fermentador (a partir de fator 3)
Entrada de frações orgânicas reduzidas de forma significativa e a geração emissões líquidas é limitada, reduzindo o risco de contaminação das águas subterrâneas.	Emissões líquidas elevadas podem alcançar até 70 % da massa processada, requerendo alta quantidade de energia para o tratamento e aumentando os riscos de contaminação das águas subterrâneas.

Fonte: Fricke, 2013.

A Tabela 12-3 apresenta as principais características e divergências entre os processos de fermentação seca contínua e descontínua (por batelada).

Tabela 12-3 - Dados Comparativos: fermentação seca contínua x descontínua (por batelada)

Fermentação seca por batelada	Fermentação seca contínua
Necessidade de tratamento mecânico para preparo do material antes da fermentação.	Necessidade de tratamento mecânico mais intensivo para preparo do material antes da fermentação.
Não há necessidade de homogeneização mecânica no fermentador. Não há componentes mecânicos no fermentador.	Há necessidade de homogeneização mecânica no fermentador. Há componentes mecânicos no fermentador acarretando corrosão e abrasão nestes componentes.
Baixo risco de variação no fermentador pela interrupção da atividade biológica e quando de alguma complicação a atividade biológica inicia-se imediatamente.	Risco de variação na fermentação pela interrupção da atividade biológica e quando de alguma complicação a atividade biológica precisa de um período maior para ser reestabelecida.

Fermentação seca por batelada	Fermentação seca contínua
Nenhuma fase de prensagem ao término do processo, reduzindo a geração de emissões líquidas com alto teor de carga orgânica.	Necessidade de fase de prensagem ao término do processo, geração elevada de emissões líquidas com alto teor de carga orgânica.
Produção inferior de biogás – cerca de 90 m³ CH_4 / t de resíduos orgânicos.	Produção superior de biogás – cerca de 120 m³ CH_4 / t de resíduos orgânicos.
Baixo emprego de energia decorrente do tratamento mecânico simplificado, da ausência de componente mecânico no fermentador e da dispensa de sistema de prensagem da massa antes da compostagem.	Elevado emprego de energia decorrente do tratamento mecânico mais complexo, da presença de componente mecânico no fermentador e da necessidade de sistema de prensagem da massa antes da compostagem.
Volume de fermentação superior.	Volume de fermentação inferior.
Sistema robusto em consequência menor susceptibilidade.	Sistema mais frágil em consequência maiores riscos de complicações durante a fermentação e prensagem.

Fonte: Fricke, 2013.

12.3 Tecnologia de Compostagem – Tratamento Biológico Aeróbio

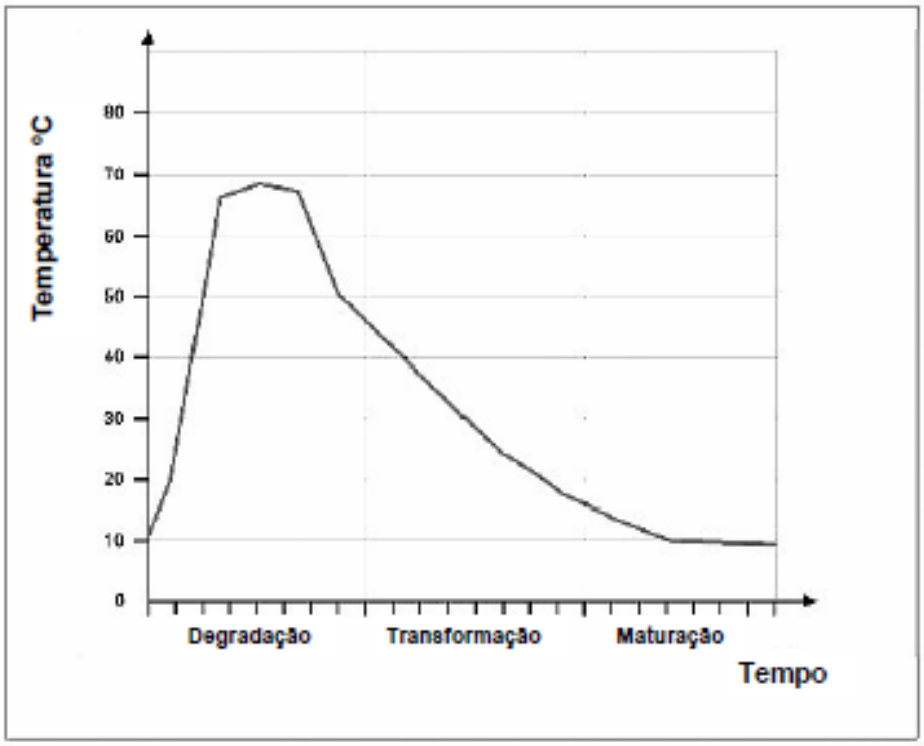
Em "*Aplicação do tratamento mecânico-biológico de resíduos no Brasil*" (FRICKE; DICHTL; SANTEN; MÜNNICH; BAHR; HILLEBRECHT; SCHULZ, 2007), é exposto que:

> Sob condições aeróbias, todos os componentes biológicos formados através dos micro-organismos são biodegradáveis. Este efeito é conhecido pela expressão "onipotência bioquímica". O processo total de degradação microbiológica aeróbia pode ser resumido da seguinte forma:
>
> Componentes orgânicos + oxigênio = dióxido de carbono + água + energia
>
> Para modelagem da constituição da substância orgânica, aplica-se a seguinte equação química:
>
> **$4\ (C_{99}H_{148}O_{59}N) + 423\ O_2 \rightarrow 396\ CO_2 + 290\ H_2O + 4\ NH_3$ + *calor e ATP***
>
> As condições ambientais favoráveis para os micro-organismos aeróbios devem ser garantidas visando possibilitar um processo de degradação ótimo. Através do processo de degradação apresentado acima, derivam-se os seguintes parâmetros para o processo aeróbio:
>
> - fornecimento suficiente de oxigênio;
> - nível de temperatura adequado;

- abastecimento adequado de água e de nutrientes. (FRICKE; DICHTL; SANTEN; MÜNNICH; BAHR; HILLEBRECHT; SCHULZ, 2007, p. 24)

Fricke, Dichtl, Santen, Münnich, Bahr, Hillebrecht e Schulz (2007, p. 27) escreveram que a decomposição aeróbia de 1 kg de substâncias orgânicas geram 20,000 kJ. No processo metabólico, aproximadamente 12,000 kJ de energia exotérmica sob a forma de calor é liberada adicionalmente à energia exigida pelo "consumidor". O calor microbiano é impedido de sair pela superfície da leira devido a baixa condutividade (0,25 a 0,4 W/mK – dependendo do balanço hídrico), desta forma a leira se autoquece (autoaquece). As temperaturas variam entre mesofílicas (10-45 °C) e termofílicas (25-80 °C) (veja Figura 12-8).

Figura 12-8 - Variação do nível de temperatura na leira durante o processo de compostagem



Fonte: Fricke, Dichtl, Santen, Münnich, Bahr, Hillebrecht e Schulz, 2007.

Interpretando dados obtidos em "Aplicação do tratamento mecânico-biológico de resíduos no Brasil" (FRICKE; DICHTL; SANTEN; MÜNNICH; BAHR; HILLEBRECHT; SCHULZ, 2007, p. 25) temos que alguns parâmetros são definidos como reguladores das condições ambientais de decomposição aeróbia, quais sejam: teor de oxigênio, teor de umidade e temperatura.

Fricke, Dichtl, Santen, Münnich, Bahr, Hillebrecht e Schulz (2007, p. 26) definiu que a quantidade de oxigênio que garantisse uma completa oxidação dos resíduos orgânicos é de aproximadamente 2 g O_2/g de substância orgânica biodegradável.

Segundo avaliações relatadas (FRICKE; DICHTL; SANTEN; MÜNNICH; BAHR; HILLEBRECHT; SCHULZ, 2007, p. 25-31), pode-se afirmar que o transporte de energia e a regulagem da temperatura depende dos seguintes fatores: escolha do perfil da leira, condições climáticas, ajuste da porosidade através da adição de materiais estruturantes como resíduos verdes triturados, aeração passiva ou ativa e frequência de revolvimento das leiras, estes critérios foram identificados em diversos projetos executados pela autora desta monografia.

12.3.1 TECNOLOGIAS DE COMPOSTAGEM

Segundo Schmidt (2005), o espectro de técnicas de compostagem varia desde técnicas bastante simples (processo extensivo), compostagem em leiras em pátios abertos até processos altamente sofisticados e controlados, sistema encapsulado (intensivo), tais como a compostagem em túnel.

Fricke, Dichtl, Santen, Münnich, Bahr, Hillebrecht e Schulz (2007), no relatório "*Aplicação do tratamento mecânico-biológico de resíduos no Brasil*", define as diferenças entre os processos aeróbios da seguinte forma:

> A principal diferença entre os processos de tratamento aeróbio de resíduos consiste nos diferentes sistemas de pré-decomposição e decomposição termófila intensiva. As áreas posteriormente conectadas de pós-decomposição termófila, produção e armazenamento normalmente não são partes específicas do processo. Na fase termófila de pré-decomposição, os materiais orgânicos de fácil degradação são decompostos por micro-organismos com intensidade de degradação relativamente elevada. A duração da fase termófila de pré-decomposição abrange um período de aproximadamente seis semanas. As exigências na administração desta fase, como por exemplo, o fornecimento de oxigênio, a regulagem da temperatura e o limite de emissões, são bastante elevadas. Os processos de degradação e de transformação na fase termófila de pós-decomposição são nitidamente mais lentos que na fase termófila intensiva de decomposição. Nesta fase, a velocidade de decomposição pode ser em pequena escala influenciada por medidas técnicas.
>
> As características relevantes de distinção entre os processos aeróbios atuais, são:
>
> - a formação da área de decomposição e a geometria das leiras;
> - o tipo de aeração;
> - o tipo do sistema de entrada, saída e de revolvimento. (FRICKE; DICHTL; SANTEN; MÜNNICH; BAHR; HILLEBRECHT; SCHULZ, 2007, p. 37)

As tecnologias de compostagem intensivas com mecanismos de alta tecnologia tem viabilidade econômica a partir do processamento de 15.000 t/a de resíduos. Com esse tamanho, a fim de minimizar a emissão de odores, o processo deve ser encapsulado, caso esteja localizado próximo a áreas urbanas, tendo o ar emitido captado e tratado. Estas conclusões foram obtidas através de experiências profissionais coleciodas pela autora desta pesquisa.

Esses diversos arranjos tecnológicos que variam desde processos mais simples, em áreas abertas com poucos maquinários, até os mais complexos, em áreas fechadas, extremamente automatizada, permitem que o processo de compostagem seja aplicado em áreas com condições bastante diversificadas independente das condições climáticas ou gravimétricas dos resíduos, conforme retratado na "*Aplicação do tratamento mecânico-biológico de resíduos no Brasil*" (FRICKE; DICHTL; SANTEN; MÜNNICH; BAHR; HILLEBRECHT; SCHULZ, 2007). A Tabela 12-4 apresenta a sistematização das tecnologias aeróbias.

Tabela 12-4 - Sistematização das tecnologias aeróbia

	Compostagem extensiva	Compostagem intensiva
Grau de automatização	Baixo	Alto
Proteção contra a emissão de ar	Sob pátio coberto ou coberturas semipermeáveis	Completamente ou parcialmente em áreas fechadas
Disponibilidade de área	Alta	Baixa
Controle de emissões	Baixo	Alta
Custos	Investimento e custos de operação baixos	Investimento e custos de operação altos
Capacidade de processamento (1)	Baixo, até 10.000 ton/ano	Médio e elevado, a partir de 20.000 ton/ano

(1) A capacidade de processamento citada é apenas uma referência, visto que toma como base o mercado alemão, o qual tem restrições mais severas em relação a emissões atmosféricas.

Fonte: Fricke, Dichtl, Santen, Münnich, Bahr, Hillebrecht e Schulz, 2007.

12.3.2 Sistemas Extensivos

De acordo com Fricke, Dichtl, Santen, Münnich, Bahr, Hillebrecht e Schulz (2007), a tecnologia mais antiga de compostagem é a denominada leira em triângulos. Esta tecnologia é a mais empregada na Europa e pode ser observada na Figura 12-9.

Figura 12-9 - Leira de compostagem, sendo montada e revirada por pá-carregadeira



Fonte: Fricke, Dichtl, Santen, Münnich, Bahr, Hillebrecht e Schulz, 2007.

Fricke, Dichtl, Santen, Münnich, Bahr, Hillebrecht e Schulz (2007) retratam que a compostagem aeróbia ocorre em leiras de diferentes dimensões e perfis, onde durante sua montagem e revolvimento as pás-carregadeiras são empregadas para a execução de leiras altas e os equipamentos de revolvimento para leiras baixas e amplas. As leiras alcançam alturas entre 1,50 a 3,50 m, dependendo do seu perfil. Os perfis mais comuns são os triangulares, trapezoidais e de perfis planos. Para a mitigação de emissões dos percolados são preparadas bases compostas por camadas de palha, casca, paletes de madeira, entre outros materiais que o mercado já emprega.

12.3.3 Compostagem em Leiras Triangulares sem Aeração Forçada

Segundo apresentado em "*Aplicação do tratamento mecânico-biológico de resíduos no Brasil*" (FRICKE; DICHTL; SANTEN; MÜNNICH; BAHR; HILLEBRECHT; SCHULZ, 2007), a compostagem em leiras triangulares sem aeração forçada também é utilizada para o tratamento de resíduos. Pequenas leiras em formato triangular têm um volume de superfície elevado e caminhos curtos para a difusão restrita do oxigênio. A aeração forçada não é necessária. O fornecimento de oxigênio ocorre por convecção, difusão e revolvimento da leira.

A Figura 12-10 apresenta o maquinário utilizado em área de compostagem executando o revolvimento em uma leira triangular

Figura 12-10 - Revolvimento de leira triangular



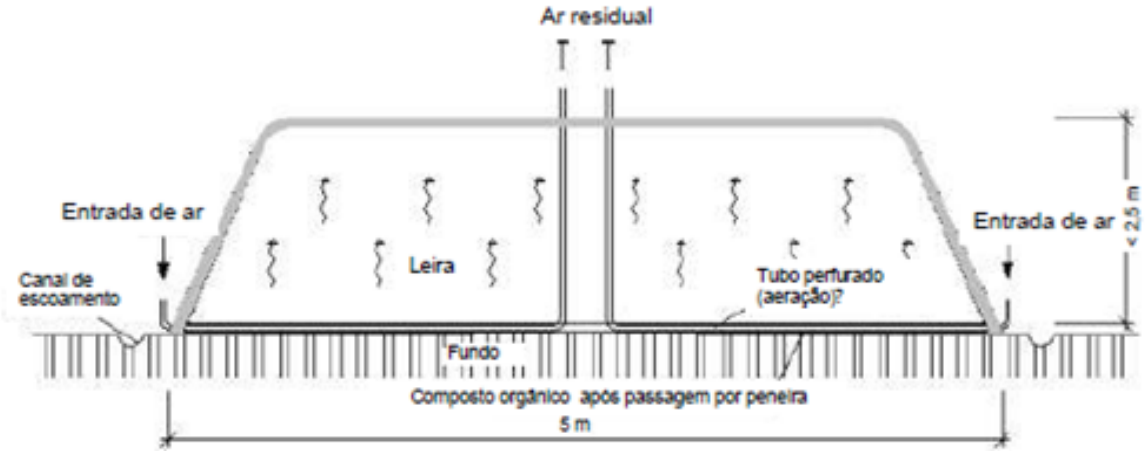
Fonte: Fricke, Dichtl, Santen, Münnich, Bahr, Hillebrecht e Schulz, 2007.

12.3.4 COMPOSTAGEM EM LEIRAS TRAPEZOIDAIS COM AERAÇÃO PASSIVA

Em "*Aplicação do tratamento mecânico-biológico de resíduos no Brasil*" (FRICKE; DICHTL; SANTEN; MÜNNICH; BAHR; HILLEBRECHT; SCHULZ, 2007) temos apresentadas que a compostagem em leiras trapezoidal ocorre de forma estática, onde não há revolvimento da leira, e o sistema de aeração decorre da convecção do ar impulsionado pela diferença de temperatura entre a leira e o meio ambiente fazendo com que o ar penetre, de forma passiva em uma tubulação perfurada distribuída em espaçamentos constantes, permitindo que toda a massa seja aerada. Sua base pode ser preparada com cavacos de madeira ou mesmo sobre paletes, funcionando não apenas como uma segunda ferramenta de aeração, mas também como uma superfície drenante que impede o percolado de permanecer sob a leira. A superfície da leira é coberta com cavacos de madeira em uma espessura de 20-30 cm que serve como um filtro biológico visando minimizar possíveis odores da decomposição.

Estas leiras sendo executadas em áreas onde o índice pluviométrico é elevado podem ter sua superfície coberta também por uma membrana semipermeável, a fim de inibir a penetração da chuva intensa e controlar o teor de umidade do material. Este método é denominado como da chaminé e é ilustrado Figura 12-11.

Figura 12-11 - Sistema de aeração passiva



Fonte: Fricke, Dichtl, Santen, Münnich, Bahr, Hillebrecht e Schulz, 2007.

A Figura 12-12 apresenta a construção de uma leira de compostagem com aeração passiva.

Figura 12-12 – Leira de compostagem com aeração passiva



Fonte: Faber Serviço Ltda, São Sebastião, 2000.

12.3.5 SISTEMAS INTENSIVOS

Em "Aplicação do tratamento mecânico-biológico de resíduos no Brasil" (FRICKE; DICHTL; SANTEN; MÜNNICH; BAHR; HILLEBRECHT; SCHULZ, 2007) temos a compostagem em sistemas encapsulados significando compostagem em um ambiente fechado, com troca térmica minimizada com a atmosfera, vários métodos de aeração e revolvimento mecânico para controle do processo. Estes sistemas são concebidos para minimizar os odores e tempo da decomposição em decorrência do controle do fluxo de

ar, temperatura e da concentração de oxigênio. Sistemas encapsulados tornam possível a coleta das emissões gasosas, dos odores e dos particulados. A aeração ativa, o umedecimento e a homogeneização permitem o controle e a otimização da fase de estabilização biológica, desta forma, acelerando consideravelmente a fase principal da biodegradação.

12.3.6 Compostagem em Leiras Triangulares com Aeração Forçada

Sistemas de aeração forçada foram desenvolvidos com o objetivo de mitigar odores e acelerar a decomposição.

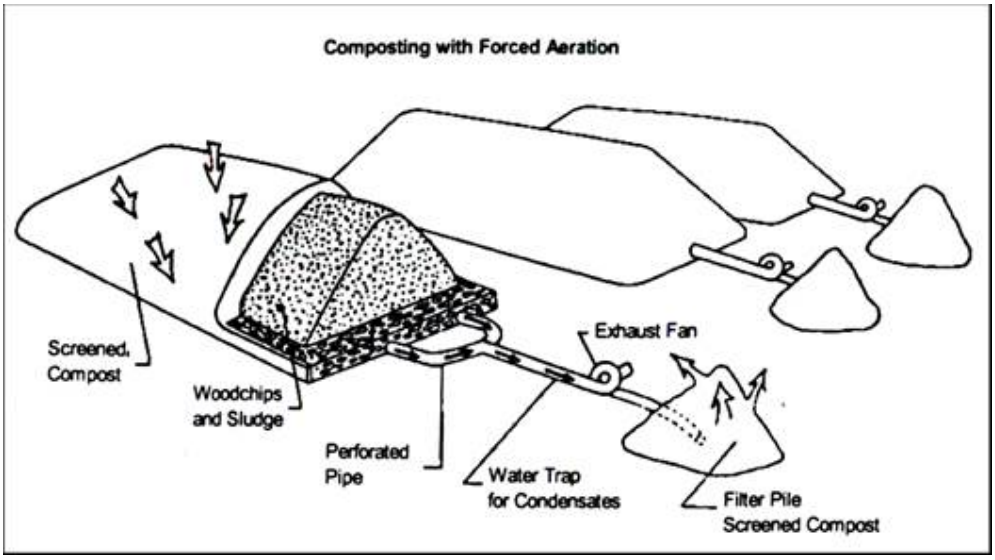
A compostagem em leiras é tipicamente empregada para quantidades maiores, requerendo largas áreas. Adicionalmente, podem ser identificados problemas de odor e de percolação excessiva durante a decomposição nas leiras. Para remediar estes problemas, em áreas onde as condições pluviométricas são intensas ou mesmo onde a população afetada encontra-se localizada na proximidade da planta de compostagem, devem ser desenvolvidos sistemas simples de cobertura como pátios cobertos ou membranas semipermeáveis, conforme "*Aplicação do tratamento mecânico-biológico de resíduos no Brasil*" (FRICKE; DICHTL; SANTEN; MÜNNICH; BAHR; HILLEBRECHT; SCHULZ, 2007).

Segundo Fricke et al. (2007, p. 42):

> Outro método empregado para uma redução sensível dos odores desagradáveis consiste na cobertura das leiras por material tipo membrana semipermeável (FRICKE et al., 1999). Trata-se de um material têxtil, formado por uma camada ativa de microporos e laminada com uma lona plástica altamente resistente visando garantir estabilidade física. A aplicação de membranas permeáveis conduz a uma redução significativa das emissões de odores desagradáveis nas leiras descobertas. (FRICKE et al., 2007, p. 42)

As Figura 12-13 e Figura 12-14 apresentam modelos simplificados de sistema de compostagem com aeração forçada.

Figura 12-13 - Modelo didático de sistema de compostagem com aeração forçada e cobertura



Fonte: Fricke e Pereira, 2013a.

Figura 12-14 - Sistema em leiras envelopadas com aeração forçada



Fonte: UTV AG.

O processo de compostagem em leiras, cobertas por lonas especiais e aeradas por aeração forçada, com suprimento controlado de oxigênio, corresponde ao estado da tecnologia moderna, do ponto de vista tecnológico bem como, ambiental. Este processo se destaca pelo manuseio simples e flexível, rapidez de operação e alta segurança de funcionamento.

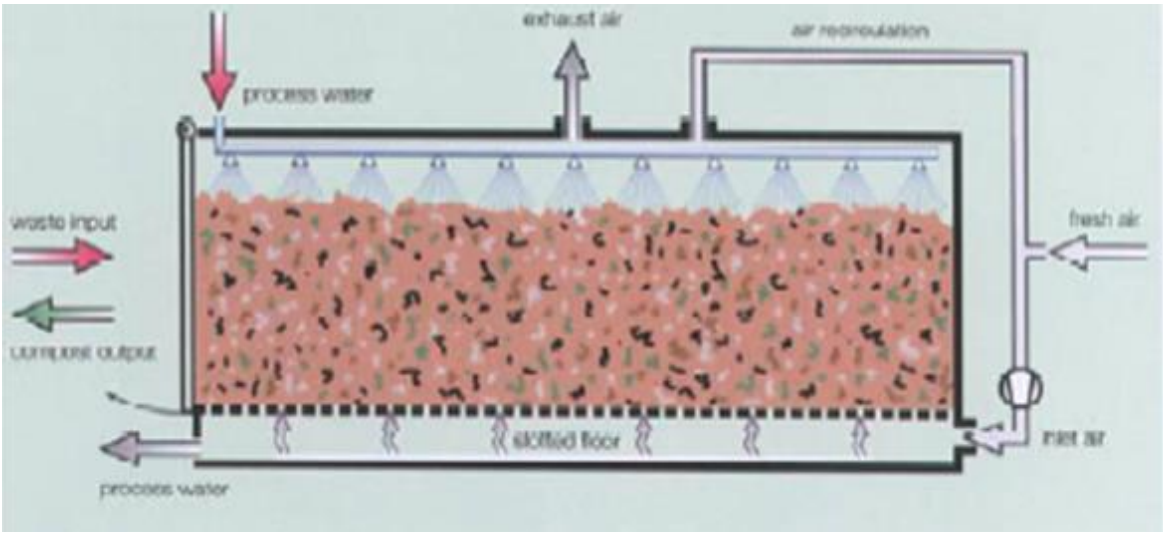
12.3.7 SISTEMA DE COMPOSTAGEM EM TÚNEL

A compostagem em túnel ocorre em áreas totalmente fechadas que são alimentadas e esvaziadas através da pá-carregadeira. Alguns sistemas empregam durante a atividade de esvaziamento pisos móveis. Os resíduos são aerados de forma intensiva e o ar exaurido pode ser coletado e tratado de forma eficiente.

Já em "*Aplicação do tratamento mecânico-biológico de resíduos no Brasil*" (FRICKE; DICHTL; SANTEN; MÜNNICH; BAHR; HILLEBRECHT; SCHULZ, 2007) temos relatado que os túneis de compostagem intensiva são construídos em concreto sob área plana. Uma série de tubos de aeração, posicionados paralelamente, são instalados longitudinalmente no piso de concreto do túnel, por baixo da área que receberá os resíduos.

Os pequenos orifícios são perfurados para receber as conexões (pequenos bocais cônicos usados para distribuir o ar), que são coladas nos tubos. As conexões apresentam bicos cônicos para impedir os bloqueios. Durante o processo de compostagem, um ventilador sopra ar diretamente na câmara de compostagem e também nos tubos de aeração sob o piso do túnel. As conexões presentes no piso do túnel fornece uma aeração pressurizada, para assegurar que o ar penetre no material. Desta forma, o processo de compostagem pode ser adequadamente controlado. A Figura 12-15 mostra o perfil do túnel de compostagem.

Figura 12-15 - Perfil do túnel de compostagem intensiva



Fonte: Fricke e Pereira, 2013a.

A Figura 12-16 mostra os túneis de compostagem intensiva.

Figura 12-16 - Túnel de compostagem intensiva

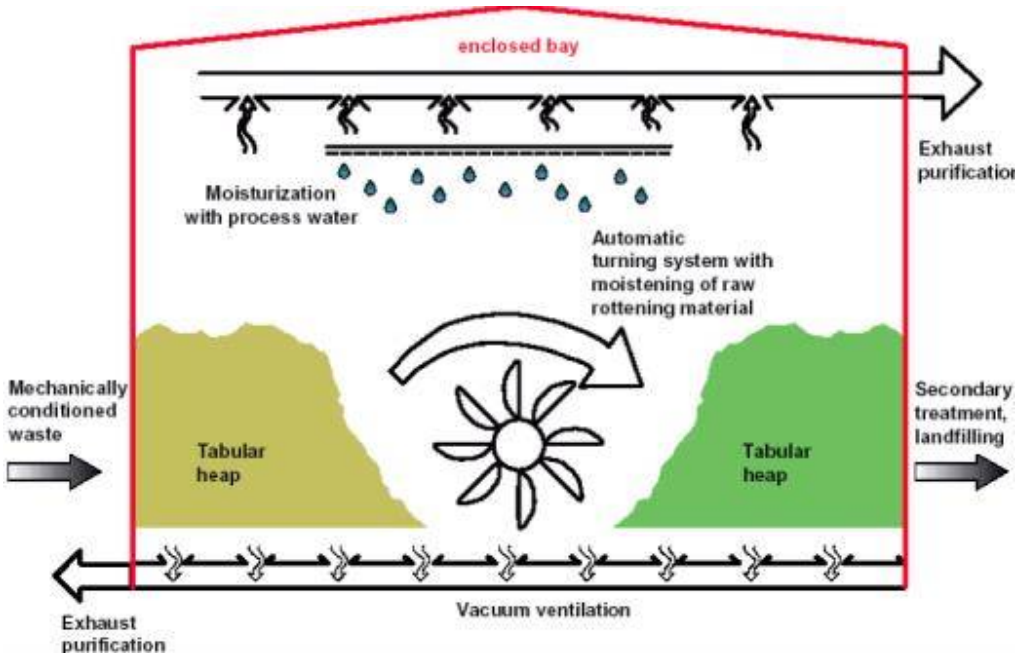


Fonte: Fricke e Pereira, 2013a.

12.3.8 COMPOSTAGEM EM LEIRA TABULAR

Neste arranjo as vantagens de um sistema fechado são combinadas aos métodos de compostagem em leiras. Em compartimentos completamente automatizados, as frações orgânicas são amontoadas em leiras planas, aeradas de forma forçada, e revolvidas automaticamente por uma pá rotativa. O material é umedecido, quando necessário, através de sistemas pulverizadores localizados acima de leira ou durante o processo de revolvimento. Um piso perfurado permite que o ar seja lançado na leira, o ar exaurido é captado e direcionado para um biofiltro, a fim de evitar perturbações pelos odores. No decurso da decomposição, os resíduos são revolvidos na sua totalidade. Após este período, a massa é encaminhada para uma área de pós-maturação, segundo descrito em "*Aplicação do tratamento mecânico-biológico de resíduos no Brasil*" (FRICKE; DICHTL; SANTEN; MÜNNICH; BAHR; HILLEBRECHT; SCHULZ, 2007). A Figura 12-17 apresenta um esquema do perfil de uma leira de compostagem tabular.

Figura 12-17 - Perfil da leira de compostagem tabular



Fonte: Fricke e Pereira, 2013a.

A Figura 12-18 mostra o processo de compostagem em um sistema fechado e completamente automatizado em leira tabular.

Figura 12-18 - Compostagem em leira plana e revolvível



Fonte: Fricke, Dichtl, Santen, Münnich, Bahr, Hillebrecht e Schulz, 2007.

12.3.9 COMPOSTAGEM EM LEIRA TRAPEZOIDAL

Conforme apresentado em "*Aplicação do tratamento mecânico-biológico de resíduos no Brasil*" (FRICKE; DICHTL; SANTEN; MÜNNICH; BAHR; HILLEBRECHT; SCHULZ, 2007, p. 42), a compostagem em leiras trapezoidais é semelhante à compostagem em leira plana, diferindo quanto ao perfil da leira e ao grau de automação. Equipamentos como pá-carregadeiras e sistemas de revolvimento semiautomático são empregados para sua movimentação. A aeração ocorre também pelo piso aerado e o ar exaurido é capturado e tratado em biofiltro a fim de mitigar a emissão de odores. A leira em perfil trapezoidal tem uma base de 10 m e uma altura de 3 m requerendo aproximadamente uma área de 0,45 m^2/m^3 de resíduo.

12.4 TECNOLOGIAS DE SECAGEM – TRATAMENTO BIOLÓGICO AERÓBIO

Segundo Dr. Hubert Baier: "A fim de cortar custos energéticos na produção de clinquer após a crise do petróleo no inicio da década de 1970, a Indústria de Cimentos Alemã iniciou a substituição de combustíveis primários por combustíveis alternativos tais como, óleos e pneus usados. Atualmente, estes combustíveis representam mais de 2 Euro/GJ do custo da energia."

A partir normativa que entrou em vigor na Alemanha em 2005 proibindo a disposição final de resíduos in natura em aterros, houve uma aceleração no desenvolvimento de tecnologias de co-processamento nas indústrias de eletricidade e cimento.

Com o desenvolvimento da economia e o ônus oriundo do incremento dos preços da energia, sistemas alternativos passaram a ser buscados para substituir algumas fontes energéticas e com isto se iniciou o mercado de combustível derivado de resíduos em 2005, contando a Alemanha atualmente com 20 plantas. Estas novas plantas empregam a mesma tecnologia que se utiliza para fins de compostagem porém diferenciam-se na metodologia de operação.

A utilização de combustíveis alternativos reduz o consumo de combustíveis fósseis como o carvão, gás natural ou petróleo. Além de contribuir para a segurança de abastecimento energético também contribui para a economia de recursos valiosos.

De modo geral, todas as tecnologias de tratamento aeróbio utilizadas em plantas de TMB (processos de túnel, garagem, leiras) são apropriadas para a secagem e produção de CDR. Os resíduos devem conter uma proporção suficiente de compostos biologicamente degradáveis. A modificação do sistema de aeração possibilita a fácil secagem dos resíduos frescos ou daqueles que foram submetidos à biodigestão. O tratamento por estabilização mecânica-biológica (EMB) se constitui em um processo alternativo. O objetivo da EMB é a secagem biológica de todos os resíduos orgânicos e inorgânicos ou apenas da fração de alto poder calorifico (inorgânico) para fins de ge-

ração de CDR, e ainda prover uma expressiva redução de massa quando se refere as frações orgânicas, afastando estas massas dos aterros.

A primeira etapa do tratamento consiste no processamento biológico aerado dos resíduos que geralmente dura 10 – 15 dias e em seguida tem-se o preparo mecânico para separação de metais, minerais e corpos estranhos, produzindo diferentes frações de CDR, conforme poder calorífico e granulometria.

Segundo Dr. Hubert Baier o mercado alemão cimentício, tem em geral aplicado CDR "sob medida", ou seja, frações < 80mm para calcinadores, e combustível sólido recuperado com qualidade monitorada para queimadores em geral < 25 mm, sendo que em plantas modernas com calcinadores, somente 40 % do consumo térmico é dado pelo queimador da zona de clinquerização, enquanto 60 % da demanda de calor é requerida por um ou mais pontos de queima do calcinador.

Esses diversos arranjos tecnológicos que variam desde processos mais simples, em áreas abertas com poucos maquinários, até os mais complexos, em áreas fechadas, extremamente automatizada, permitem que o processo de secagem biológica seja aplicado em áreas com condições bastante diversificadas independente das condições climáticas ou gravimétricas dos resíduos, conforme retratado na "Aplicação do tratamento mecânico-biológico de resíduos no Brasil" (FRICKE; DICHTL; SANTEN; MÜNNICH; BAHR; HILLEBRECHT; SCHULZ,2007).

Como resultado da necessidade de prover mais eficiência energética aos sistemas temos o declínio das técnicas de incineração na forma mass burning em detrimento das plantas de força de CDR (combustível derivado de resíduos) principalmente para àqueles países com alta presença de carga orgânica em seus resíduos e alto valor de umidade.

Portanto o mercado alemão e europeu de CDR encontra-se consolidado, esta afirmação pode ser ratificada pela informação apresentada pelo Dr. Hubert Baier que consagra o CDR como fonte principal na matriz energética das cimenteiras, como segue: "*Em 2012 quando a demanda térmica da Alemanha estava por volta de 92mGJ, aproximadamente 62 % desta demanda foi substituída por combustíveis alternativos sólidos e líquidos o que corresponde a aproximadamente 2 milhões de toneladas de pneus, resíduos animais, óleos ou solventes e diferentes tipos de combustíveis sólidos, biomassa os quais foram tratados de maneira a atender os requerimentos mínimos de manuseio, alimentação, combustão, processo, controle de emissões e performance do produto.*"

Desta forma, a partir de experiência mercadológica de valorização superior a 30 anos pode-se concluir que o CDR representa uma fonte renovável de energia corroborando para que o co-processamento assuma função importante no âmbito, não apenas da gestão sustentável dos resíduos, mas também da gestão eficiente de

energia, contribuindo para a proteção climática através da redução de emissões de gases de efeito estufa e também preservando os recursos naturais.

Dentre o rol de equipamentos mecânicos aplicados para a produção de CDR temos: trituradores, peneiras, separadores ópticos NIR, balísticos, por ar, magnéticos e de corrente, entre outros.

12.5 Tecnologias Alternativas

Processos térmicos e termoquímicos alternativos são apresentados neste capítulo e avaliados em relação a sua empregabilidade. Serão analisados:

- Processo de pirólise
- Processo de gaseificação,
- Processos de plasma,
- Procedimentos de carbonização hidrotermal (HTC),
- Procedimentos de despolimerização catalítica com baixa pressão (KDV).

A avaliação será baseada nos seguintes critérios:

- Estado da técnica,
- Capacidade operacional,
- Sustentabilidade,
- Rentabilidade.

Além dos critérios acima devem-se ainda ser analisadas as condições legais para o emprego das tecnologias. A categorização das tecnologias toma como base parâmetros de processo tais como temperaturas, pressões e atmosferas (Tabela 12-5).

Tabela 12-5 - Parâmetros para a categorização dos processos alternativos térmicos e termoquímicos

Parâmetro	Pirólise	Gaseificação	Carbonização hidrotérmica (HTC)	Despolimerização catalítica com baixa pressão (KDV)	Incineração
Temperatura em °C	150 – 800	800 – 1.600	170 -250	máx 500	850 – 1.300
Pressão em bar	1	1 – 45	10 - 40	1	1
Atmosfera	Inerte/N_2	O_2, H_2O, Ar		Inerte/N_2	Ar, O_2
Estequiometria	0	<1		0	>1 Ar, O_2

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

12.5.1 PIRÓLISE

12.5.1.1 OBJETIVO E CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

O termo pirólise (também carbonização, desgaseificação, destilação seca) refere-se ao processo de decomposição das substâncias orgânicas, exclusivamente através do fornecimento de calor na ausência de oxigênio ou de outro agente de oxidação ou de produtos de reação.

O ajuste do nível de temperatura é dividido em:

- Pirólise de baixa temperatura (NTP) T < 500 °C,
- Pirólise de média temperatura (MTP) T 500 °C - 800 °C,
- Pirólise de alta temperatura (HTP) T > 800 °C.

Mais recentemente, o chamado Torrefação é adicionalmente utilizado numa gama de temperaturas de 250 a 300 °C. Esta variante de baixa temperatura da pirólise é tradicionalmente usada para o refino de alimentos e atualmente testada e discutida tecnicamente como um método para a fabricação de combustíveis de biomassa, em especial para aumentar o valor calorífico e a otimização de alguns parâmetros físicos (moabilidade, hidrofobia).

Também no que diz respeito ao tempo de residência (gás), o processo de pirólise pode ser dividido. Através do aquecimento rápido do gás de síntese e tempo de residência extremamente curto, os produtos resultantes do processo são chamados de pirólise rápida. Aqui, particularmente, a partir de temperaturas baixas, podem ser obtidos rendimentos muito elevados de produtos líquidos produzidos. Através de temperaturas mais elevadas, a gama de produtos é dominada pelos componentes gasosos, em que a temperatura diminui o valor calorífico dos gases.

Tanto a torrefação quanto a pirólise rápida são usadas para o refino de biomassa. Para o tratamento de resíduos urbanos, estes métodos não se justificam e portanto não serão abordados.

Relevantes para o tratamento térmico de resíduos são os processos de pirólises médias e lentas que ocorrem a partir de uma faixa de temperatura média e alta.

Os produtos oriundos nestas condições são principalmente os gasosos formados com tempos de permanência suficientemente longos para gerar as reações de recuperação do gás por aromatização e polimerização a partir dos produtos de reação líquidos ou sólidos. O gás é composto principalmente de CO_2, CO, hidrogênio, metano, etano e eteno. A composição dos resíduos tem influência significativa sobre os produtos. Então, por exemplo, o domínio de certos tipos de plástico na pirólise pode levar a composições de gases significativamente diferentes.

De acordo com a proporção de oxigênio fornecido são também formadas água de reação e compostos orgânicos contendo oxigênio tais como metanol, acetaldeído, acetona, ácido fórmico ou ácido acético. Com o aumento da temperatura, as proporções de hidrogênio e monóxido de carbono no gás aumentam, enquanto diminui a concentração em dióxido de carbono, metano e alcanos superiores. Também a proporção de massa dos produtos condensáveis diminui com a temperatura.

Após a pirólise permanece um coque que consiste principalmente de carbono como também os rejeitos são compostos de frações inertes.

O valor calorífico dos gases de pirólise varia, dependendo da natureza da carga de alimentação, ao longo de um largo intervalo. Incluindo os componentes condensáveis ou vapores de pirólise, valores caloríficos muito elevados de 12.500 a 46.000 kJ / m³ N podem ser alcançados. Os gases remanescentes condensáveis atingem valores calóricos entre 12.000 e 16.000kJ / m³N (Warnecke, 1991; Thomé, 1985; Thomé, 1994).

12.5.1.2 Avaliação da Tecnologia

Um desafio fundamental e sistêmico no processo de pirólise está relacionado ao problema dos componentes condensáveis no gás que exigem um aquecimento das partes da planta que são tocadas pelo gás ou a separação intencional do condensado logo após o reator.

Outro desafio considerado também crítico por operadores experientes está relacionado com as características de controle, especialmente quando se utiliza fornos rotativos, na impermeabilização do equipamento, para evitar misturas explosivas no reator ou contaminação tóxica do ar ambiente.

12.5.1.3 Pirólise como parte de incineração por sistema de fusão

O princípio deste método é expulsão pirolítica dos componentes de resíduos voláteis num primeiro passo do processo e a subsequente combustão direta dos gases de pirólise, em conjunto com o coque remanescente. Com a combustão em dois estágios as temperaturas de oxidação serão mais elevadas, portanto, a vitrificação dos componentes de resíduos inorgânicos é geralmente realizada.

Vantajoso nestes processos de alta temperatura são as qualidades de escória recuperáveis. São conseguidos bons valores de lixiviação que permitem uma qualidade bastante alta para a escória que poderá ser empregada como produto.

Desvantagem é geralmente o alto esforço enérgico e operacional. A operação de tais processos sob regime europeu ou alemão, e também nas condições brasileiras, não é economicamente viável devido aos altos custos.

O emprego da tecnologia em outros países apenas se justifica se houver uma adequação legal conforme ocorreu no Japão. (Quicker et al. 2014). A gestão de resíduos no Japão foi influenciada significativamente por alguns fatores que levaram a um especial desenvolvimento do tratamento térmico de resíduos visando promover alta capacidade de tratamento na forma de processos térmicos alternativos. Orientações legais para a vitrificação da escória foram decisivas para este desenvolvimento no Japão. Como resultado de vários escândalos com dioxina na combustão de resíduos em leito fluidizado na década de 1990, foi adotada no Japão a regulamentação determinando que a escória de tratamento térmico de resíduos deve ser derretida conjuntamente. Esta disposição legal foi uma das principais razões para a criação de vários processos térmicos alternativos que integrem o derretimento da escória. Em 2008, houve uma flexibilização da norma, reduzindo significativamente a implementação de processos térmicos alternativos (Vaccani, 2014).

12.5.1.4 PIRÓLISE STAND-ALONE

Tais conceitos de processo caracterizam-se pelo fato de que geralmente ocorre uma recuperação de energia direta do gás produzido principalmente para cobrir o consumo de energia na pirólise, mas nenhum processo interno ou, diretamente, uso externo posterior do carbonizado gerado.

Nestes processos portanto se produz um rejeito sólido, que ainda tem um conteúdo significativo de energia e sua disposição final precisa ser licenciada. Desta forma, as complexidades operacionais identificadas neste tratamento não garantem nenhum benefício adicional, somente mais esforços técnicos, devendo ainda ser desenvolvida uma solução adequada para a eliminação adequada do coque.

Em geral, uma das poucas alternativas adequadas refere-se aos processos térmicos na incineração de resíduos na forma planta-única. As melhores tecnologias atualmente disponíveis na zona de pirólise ou gaseificação, serão apresentadas como "incineração de resíduos" , os quais

a) "são operadas numa fase posterior de combustão com recuperação de energia e tratamento de gases de combustão " e / ou
b) " recuperar ou reciclar as substâncias [...] que não são queimadas " .

O aterramento das frações carbonizadas em processos de pirólise de resíduos não corresponde assim ao estado da técnica, como o encontrado na incineração BREF de resíduos (BREF 2005) e, provavelmente, também definido na versão revista do

BREF e, portanto , pelo menos na Europa, enfrentam problemas significativos de aprovação legal (Quicker et al. 2014).

12.5.1.5 PIRÓLISE COMO PROCESSO PRÉVIO

A aplicação de pirólise como processo prévio significa que tanto a fase gasosa e a fração de coque gerada serão utilizados num processo diretamente ligado (por exemplo, em fornos de cimento e de cal ou centrais elétricas). Como resultado, a parte orgânica dos resíduos pode ser plenamente utilizada e com um designadequado as substâncias metálicas recicláveis conceituais recuperadas com boa qualidade. O esforço para o complexo de limpeza de pirólise é evitado pelo uso direto no processo de combustão industrial ligado.

A "homogeneização" pela conversão em coque e gás, geralmente permite uma utilização mais focada e eficaz no processo de acompanhamento, quando empregado em resíduos. Em determinadas circunstâncias é possível empregar o pré-tratamento termoquímico e assim substituir os combustíveis fósseis. Então, tais abordagens - mesmo que o método Contherm, tenha sido convertido como último conceito e tenha fracassado na Alemanha – este pode ser considerado como uma opção interessante para canalizar o potencial energético dos resíduos para a indústria. Esta abordagem tem potencial para emprego (Quicker et al. 2014).

Este desenvolvimento deve ser aguardado, desta forma a técnica apresentada ainda não representa uma solução para o mercado brasileiro.

12.5.2 GASEIFICAÇÃO

12.5.2.1 OBJETIVO E CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

O objetivo do processo de gaseificação é a conversão de um sólido e também substâncias líquidas ou pastosas em um possível gás combustível ou de síntese, que tem uma elevada aplicabilidade a partir do estado físico das frações geradas. Para este fim , o sólido entrará em contato com um reativo de gaseificação. Como agente de gaseificação é introduzido oxigênio (com a utilização de hidrogênio e também vapor de água) no processo. Possíveis agentes de gaseificação são ar, oxigênio, vapor de água e dióxido de carbono.

O processo é conhecido como gaseificação Autotermal (oxidação parcial) quando o agente de gaseificação executa uma oxidação parcial do combustível. Isto ocorre quando se emprega oxigênio e ar. Então, o necessário calor da reação, oriundo das reações de gaseificação estas principalmente a endotérmica, é produzido a partir do combustível. Reduz-se o conteúdo energético do gás segundo a presença de sólidos. Na gaseificação tem que garantir que o fornecimento de oxigênio seja limi-

tado a fim de evitar perdas desnecessárias de energia ou até mesmo a completa oxidação do material.

Se o vapor de água é utilizado como agente de gaseificação, não ocorre a libertação de calor por oxidação parcial do combustível. Acontece extamente o contrário, será necessário ainda mais energia térmica, uma vez que as moléculas de água são clivadas e, assim, o oxigênio e o hidrogênio são produzidos . Este modo de operação é designado como gaseificação alotérmica, uma vez que a energia necessária em face de outras fontes, deve ser fornecida a partir do exterior por outras fontes. O aquecimento do reator através da parede exterior não é suficiente como via de regra para manter o processo de gaseificação. Portanto, diferentes opções são utilizadas para o aquecimento. Por exemplo, areia quente (leito fluidizado) , bolas de cerâmica quentes ou construções aquecidas desde o interior, devem ser utilizadas .

A gaseificação termoquímica de combustíveis sólidos pode ser aplicada em várias fases: secagem, desvolatilização (pirólise) , bem como as reações homogêneas e heterogêneas de gaseificação. Já abaixo de 200 °C pequenas quantidades de óxidos de carbono e ácidos carboxílicos sao desgaseificadas. Com o aquecimento, a intensidade da desgaseificação de substâncias voláteis aumenta. Só quando a desgaseificação é completada, pode o agente de gaseificação ou os gases que se formam no processo, tais como hidrogênio ou monóxido de carbono, serem transportados por convecção e difusão para a superfície do agora largamente desgaseificado sólido, que consiste principalmente em constituintes inertes de carbono fixos. Os componentes gasosos expulsos reagem uns com os outros e com o agente de gaseificação utilizado.

A composição do produto da gaseificação depende da temperatura e da pressão. Com o aumento da temperatura há um aumento da formação de CO e de hidrogênio, diminui simultaneamente o conteúdo em metano do produto gasoso. O aumento da pressão favorece a formação de metano e dióxido de carbono .

O poder calorífico dos gases gerados são inferiores aos gases de pirólise e são fortemente determinados pelo agente de gaseificação usado. Na vaporização alotérmica o poder calorífico de gaseificação alcança 12000 kJ/m³ (Thomé 1994). Quando se utiliza o oxigênio como agente de gaseificação os valores caloríficos situam-se entre 10 e 18 000 kJ/m³ N. Os menores valores caloríficos, na ordem de 5 000 kJ/m³, são observados na gaseificação auto-térmica de ar, já que o alto teor de nitrogênio inerte até 60 % dilui o gás.

12.5.2.2 AVALIAÇÃO DA TECNOLOGIA

Gaseificação como parte de processo graduado de combustão

Neste item os processos estão resumidos considerando que gaseificação será a primeira etapa do tratamento térmico, anteriormente à incineração. A gaseificação é, nestes casos, entendida como parte integrante de uma combustão estequiométrica em degraus e não um processo real de gaseificação.

Esta rotulagem é uma pura medida de marketing. Em alguns países pode-se captar linhas de financiamento para o estabelecimento de instalações alternativas de tratamento térmico. Desta forma, a classificação na forma de métodos "alternativos" encontra uma maior aceitação no desenvolvimento das políticas públicas.

Além destas vantagens, entram em pauta algumas outras vantagens técnicas tais como: custos mais baixos de investimento quando comparado a um processo tradicional de incineração, menor complexidade tecnológica, capacidade de redução de óxido nítrico por seqüência de combustão graduada e menores perdas de calor através da exaustão devido aos menores fluxos de volume de gas de exaustão.

No entanto, devido a simplicidade tecnológica, inevitavelmente, as limitações quanto flexibilidade e gestão onerarão o processo.

As plantas que comportam a etapa de gaseificação conforme descrito, integram a primeira fase da incineração, são geralmente classificadas como método de incineração. Portanto, deve-se tomar em consideração questões de qualidade, operação e disponibilidade inerentes à incineração de resíduos.

Gaseificação como parte de incineração por sistema de fusão

Este tipo de processo é caracterizado pelo fato de que em primeiro lugar uma gaseificação dos resíduos ocorre em uma zona de combustão de alta temperatura, ou no mesmo reator ou em reator posterior, dependendo o se a tecnologia é aplicada para os resíduos totais onde encontramos a presença de inorgânicos ou aplicada somente para os particulados a serem fundidos e vitrificados.

Em princípio, valem as mesmas observações para o caso dos processos por fusão, empregada como primeira etapa de tratamento térmico na forma de pirólise antes da incineração de alta temperatura. Como vantagem temos as condições de qualidade das escória. Uma desvantagem do processo é o alto consumo de energia e as complexidades técnicas.

Também para os processos de fusão que empregam o processo de gaseificação como etapa incial de tratamento termoquímico, vale sua aplicação apenas sob condições legais diferenciadas devido ao alto custo de operação. Não há previsão legal no Brasil ou na Europa que fomente sua aplicação.

Gaseificação para geração de gás

Procedimentos com este princípio estavam e sempre estarão no foco de interesse de pesquisadores: o objetivo é produzir um gás combustível de alta qualidade a partir de resíduos, otimizando a recuperação energética em motores, turbinas, na produção de combustível ou até mesmo na célula de combustível.

Devido a complexidade e heterogeneidade da matéria-prima na forma de resíduos tais procedimentos só podem ser operados em plantas de alta complexidade técnica, e portanto onerosa. A busca por gerar combustível na forma de gases com alto poder calorífico, freqüentemente leva ao uso de vapor de água ou oxigênio como agente de gaseificação, invés de ar, aumentando os custos tecnológicos, onde o maior desafio é a purificação do gás. Poeiras e alcatrões devem ser separados quantitativamente para garantir alta qualidade ao gás antes da recuperação energética. Isto apenas é possível através de vários estágios de processos de purificação de gás que por sua vez podem gerar chorume e resíduos. Também a utilização em motores do gás causa problemas, devido as emissões elevadas de componentes estáveis de gás (CO, CH_4, benzeno) que não são totalmente oxidados no motor e também através da nova formação de poluentes tais como formaldeído (HC = OH) (Bauer 2009).

A experiência acumulada no Japão ou em SVZ Schwarze na Alemanha, demonstra que a produção, condicionamento e a manutenção do padrão de qualidade para uso dos gases oriundos da gaseificação de resíduos, apesar de seu alto custo, em princípio é tecnicamente viável e pode ser operada de forma estável por um longo período.

No entanto, a garantia das condições descritas remontam a custos elevados de investimento, operação e manutenção preventiva e corretiva de tais procedimentos. Portanto, estes conceitos tecnológicos não se adequam ao mercado da Alemanha e do Brasil (Quicker et al. 2014).

Gaseificação como processo intermediário

Métodos de gaseificação podem ser usados para transferir o conteúdo de energia de resíduos pela conversão termoquímica na forma de gás do produto ou coque, servindo como substituição dos combustíveis fosseis nos processos industriais, sendo uma fonte de energia de melhor aplicação do que os resíduos sólidos heterogêneos.

Através da combinação de gaseificação de processo e acompanhamento industrial posterior podem ser implementados processos muito mais simples e, portanto, mais robustos do que seria possível na produção de gases de produto de alta qualidade. Em particular, frequentemente pode ser dispensada uma complexa purificação do gás.

Como no caso da pirólise com processo intermediario, este conceito complementar também se aplica aqui, fazendo com que a tecnologia de gaseificação se

torne mais interessante. Em particular, no que se refere a exploração de frações especiais, como por exemplo, àquelas com baixo valor calórifico ou alto nível de cloro e conteúdo de cinzas. Isto parece uma opção promissora para estes processos.

Considerando a necessidade de uma intervenção complexa durante o preparo dos resíduos sólidos urbanos para fins de garantia de um substrato de qualidade, esta tecnologia não se apresenta como uma opção alternativa para o processamento destes materiais (Quicker et al. 2014).

Assim a tecnologia não representa uma opção para o mercado brasileiro.

12.5.3 PLASMA

12.5.3.1 OBJETIVO E CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

Os tratamentos de plasma foram desenvolvidos inicialmente para fins militares, bem como para as viagens espaciais, tendo sido aplicados em metalurgia, bem como, desde meados da década de 1970, para o tratamento de resíduos.

Os procedimentos para o tratamento térmico dos resíduos regula a temperatura geralmente pela oxidação parcial do combustível (direta) ou a partir de um reator da parede e/ou a distribuição de calor médio (indireta). A produção de plasma representa uma outra possibilidade de fornecimento de calor direto. Para isso a alta quantidade de energia é fornecida a um gás de trabalho (oxidante ou inertes), pelo qual esta se ioniza. A energia pode ser fornecida tanto térmica e por meio de uma corrente elétrica e/ou por meio de um campo eletromagnético. O nível de energia presente no plasma é denominado de quarto estado de agregação (Helsen 2010).

A produção de plasma ocorre em um queimador de plasmas em decorrência de uma tensão elétrica formada pelo arco elétrico entre dois eletrodos. O queimador de plasma pode ser executado em duas variantes diferentes, como uma arco de luz transferidos e não transferido.

Os tratamentos térmicos dos resíduos geram os plasmas em um lapso de temperatura entre 1700-20000 °C.

Como vantagem do plasma temos um controle relativamente simples da temperatura durante o processo através da regulagem do rendimento elétrico. No caso da gaseificação do plasma este controle ocorre pela liberação de calor dos possíveis agentes oxidantes. Ainda, os processos de plasma são caracterizados por um grande calor de transição para o material que pode ser tratado, alta taxa de aquecimento na fase de arranque, bem como por pequenas demandas de áreas construídas. O tratamento com plasma resulta na decomposição de composto com elevada massa molecular (alcatrões etc.), que se desenvolvem nos processos alternativos térmicos. Devido às altas temperaturas de processo, dependendo da realização do procedi-

mento, é possível a fusão, até mesmo daqueles resíduos resistentes à temperatura de fusão (Helsen s.o.).

Caso a energia necessária ao processo seja oriunda exclusivamente do plasma, a planta terá um elevado custo de energia. Para mitigar este evento, temos que, na prática, os processos de plasma devem ocorrer em integração com outros processos combinados. Estes processos consistem em clássicas pirólises ou gaseificação em temperaturas moderadas, dos quais o produto da fase plasmática está a jusante da preparação do gás e/ou para a vitrificação dos resíduos. Dependendo do fornecedor temos diversas versões da planta de plasma, sendo que estes processos se diferenciam conforme o arranjo de baixa temperatura na etapa de conversão e a conversão do plasma.

Tal como acontece com o método alternativo clássico para o tratamento térmico de resíduos também o processo de plasma se diferencia em pirólise e gaseificação.

12.5.3.2 PIRÓLISE DE PLASMA

O processo de pirólise de plasma combina a atmosfera inerte do processo a uma decomposição pirolítica com a entrada de energia pelo plasma. Deste modo, os resíduos empregados são convertidos, em condições de altas temperaturas a partir de 1700 °C, em moléculas individuais. Dependendo principalmente se a massa foi convertida indiretamente pela irradiação a partir do calor do plasma ou pelo contato direto com o plasma, a decomposição dos resíduos é realizada de duas maneiras: no primeiro caso , a radiação de calor dispara, análoga à pirólise convencional , um craqueamento térmico das macromoléculas. No contato direto entre resíduos e plasma, as moléculas de plasma, íons e elétrons do plasma – são agitadas em nível molecular e entram em contato direto com o material de alimentado.

Há uma série de estudos sobre o tratamento de diversos resíduos por pirólise de plasma em laboratório e em escala piloto. Estes resíduos foram em sua maioria classificados antes (plásticos, pneus usados) ou têm um alto risco ou potencial poluidor (resíduos hospitalares, cinzas de incineração) (Helsen s.o.). Os produtos da conversão de resíduos são geralmente um gás de alto poder calorífico e uma escória vitrificada. Apesar do aumento da atividade de pesquisa na área da pirólise de plasma, este ainda não tem seu desempenho atestado quando se trata de resíduos sólidos heterogêneos (Helsen s.o.).

Em contraste com o tratamento de resíduos sólidos, a pirólise de plasma é industrialmente aplicável para a conversão de líquidos e resíduos perigosos. A seguir, listamos dois exemplos de fornecedores:

- Plascon , Fa. DoloMatrix , Austrália (Heberlein 2008), (Helsen s.o.) , 10 plantas, média de produção de aprox. 100 kg/h

- ShinMaywa Auto Engineering (Heberlein s.o.), 5 plantas, média de produção de aprox. 10 kg/h

O presente estudo tem como objetivo a conversão térmica de resíduos sólidos em combustíveis alternativos, desta forma métodos como a pirólise de plasma não serão tomados em consideração.

Assim a tecnologia ainda não representa uma opção para o mercado brasileiro.

12.5.3.3 GASEIFICAÇÃO DE PLASMA

Durante a gaseificação termoquímica é possível através da adição de um agente oxidante, utilizar uma parte da energia contida na matéria-prima como fonte de calor. No método da gaseificação de plasma a geração de plasma é usada como uma fonte adicional de energia. De acordo com as instruções do fabricante , esta abordagem também permite que sejam gaseificados resíduos de baixo poder calorífico. Na gaseificação do plasma, por motivações econômicas, geralmente é usado o ar como um agente de gaseificação. Para impedir a entrada de nitrogênio no gás de produto (aumento da taxa de fluxo de gás) são usados em alguns casos oxigênio puro ou vapor de água como agentes de gaseificação. Na gaseificação de plasma para o tratamento térmico de resíduos, o arco elétrico não transferido é a forma mais comum de geração de plasma. Estando em primeiro plano a aplicação do processo de vitrificação para as escórias, podem ser aplicados os arcos elétricos que introduz um alto fluxo de calor nas escórias.

A gaseificação de plasma é implementada em duas configurações diferentes:

- Para o processo de estágio único, os resíduos serão gaseificados diretamente com o plasma e fundidos (Alter NRG, Europlasma). A energia adicional agregada pelo processo de plasma dependerá do valor calorífico dos resíduos. Em alguns métodos de tratamento, o poder calorífico dos resíduos serve para reduzir os custos de energia, podendo ser aumentado através da adição de uma fonte de energia adicional (carvão, coque). Devido ao custo ainda relativamente elevado de energia temos que a tendência para a aplicação dessas tecnologias é voltada para pequenos fluxos de resíduos com alto potencial contaminantes (amianto, cinzas, resíduos hospitalares) (Helsen s.o.).
- Com o objetivo de ser capaz de tratar através do processo de plasma os resíduos urbanos de forma economicamente viável, alguns fabricantes oferecem processo de dois estágios (Energia Plasco, Planta de Força de Plasma Avançado, Europlasma). Na primeira fase, acontece a gaseificação dos resíduos em um reator "convencional". Os gases processuais serão tratados na segunda etapa por meio de plasma. Tendo em vista a conste-

lação de processos, as variantes de gaseificação de plasma devem ser realmente classificadas como fases de processamento do gás, desta forma o gás resultante é encaminhado para processo posterior visando sua melhor utilização (gás para motor). De acordo com as indicações dos fabricantes a execução em duas etapas da gaseificação de plasma em comparação ao processo de um estágio consegue uma economia significativa no consumo de energia (Helsen s.o.)

12.5.3.4 AVALIAÇÃO DA TECNOLOGIA

Os processos de plasma aplicados em resíduos foram desenvolvidos para a vitrificação de frações de resíduos particularmente contaminantes (p. ex. amianto). Atualmente, várias empresas tentam estabelecer processos de plasma para o tratamento de resíduos urbanos. Para tanto existem procedimentos visando o tratamento através do plasma para os resíduos em geral, bem como, aqueles que tratam apenas as frações contaminantes dos resíduos, tais como as cinzas voláteis e as poeiras de filtros, ou tratam de forma térmica o produto de gás gerado ("Lustrando").

Os processos são caracterizados pelos altos custos de investimento, operação e manutenção. A técnica é relativamente frágil. Os eletrodos têm vida curta, os componentes eletrônicos para a geração de plasma é sensível.

Atualmente, nenhum método de plasma pode atestar a maturidade da tecnologia em operação industrial de longa duração. Caso o processo continue em desenvolvimento até atingir sua consagração, poderá ser empregado para resíduos contaminantes, se tornando interessante, segundo as circunstâncias, na gestão de resíduos. No entanto, isto apenas será possível quando da existência de medidas legais que motivem sua aplicação, caso contrário, os altos custos impedirão o surgimento de um mercado para esta tecnologia.

De qualquer forma, o emprego da tecnologia de plasma para plantas de tratamento de resíduos em larga escala de resíduos é improvável devido a elevada demanda por energia, a susceptibilidade do processo e o elevado custo deste método (Quicker et al. 2014).

Assim a tecnologia ainda não representa uma opção para o mercado brasileiro.

12.5.4 CARBONIZAÇÃO HIDROTÉRMICA (HTC)

12.5.4.1 OBJETIVO E CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

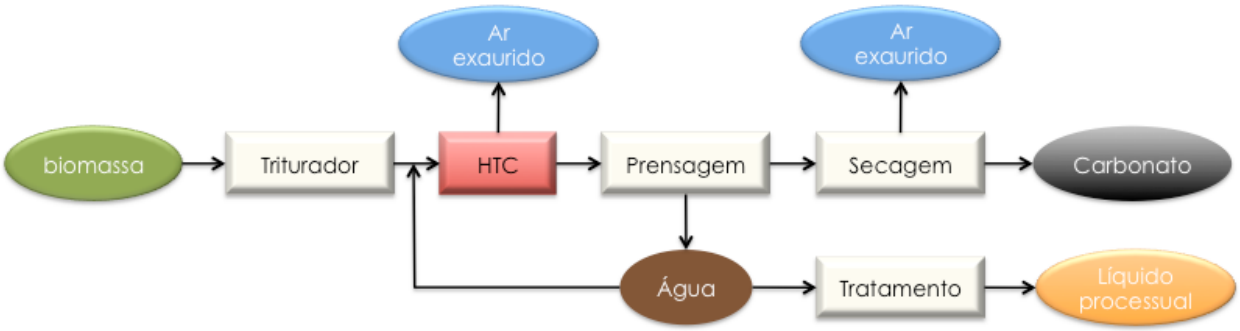
A carbonização hidrotérmica foi descoberta no início do século passado por Bergius. O uso do método de tratamento de resíduos apenas se tornou relevante nos

últimos anos com base nos trabalhos do Prof. Antonietti do Instituto Max-Plack em Potsdam na Alemanha. Com base nestes estudos surgiu um verdadeiro boom de interessados em torno do tema onde muitas instituições de pesquisa e também uma série de empresas tem desenvolvido trabalhos nesta área.

Métodos HTC são adequados apenas para os resíduos orgânicos, como lodo de esgoto ou resíduos biológicos.

Através da carbonização hidrotérmica os materiais biogênicos tais como resíduos de jardins, orgânicos de cozinha ou lodo de esgoto, são transformados em carbono e materiais carbonizados de alto poder calorífico (Char). O tratamento da biomassa acontece em uma fase líquida, com períodos de retenção de 2-16 horas, em temperaturas entre 170 - 250 °C e uma pressão suficientemente elevada (10-40 bar), a fim de manter o estado líquido.

Figura 12-19 - Esquema geral da carbonização hidrotérmica básica



Fonte: Elaborado pelo autor na base de Clemens, 2011.

Além da subproduto o carbonizado são produzidos ainda gases permanentes (5 - 10 %) e águas residuais (5 -15 %). O ar de exaustão, dependendo da matéria-prima, geralmente contêm quantidades significativas de sulfeto de hidrogênio. Também estão presentes monóxido de carbono, metano e outros hidrocarbonetos voláteis, tornando-se essencial uma purificação dos gases exauridos através de filtros de carvão ativado (Serfass 2014).

O efluente líquido contêm teor alto de carga orgânica. Os valores típicos de DQO estão entre 30.000 a 100.000 mg/l. A relação DQO/DBO5 situa-se entre 2 e 2,5, quer dizer é refratária, ou seja, presença de DQO não-biodegradável, gerando dificuldades durante o tratamento das águas processuais. Também a carga de nitrogênio atinge valores de até 5.000 mg/l durante o tratamento de águas de processo (Serfass s.o.).

12.5.4.2 AVALIAÇÃO DE TÉCNICA

Atualmente, nenhum processo HTC encontra-se em operação industrial de longo prazo. Há toda uma gama de plantas-piloto semi-industriais, mas estas são usadas apenas em modo de campanha para examinar, por exemplo, substratos especiais para potenciais clientes ou para o desenvolvimento da tecnologia. Via de regra, apenas o processo-chave, ou seja, a unidade de carbonização geralmente associada à etapa de desidratação é implementado. A cadeia completa de processo para o tratamento de todos os fluxos secundários (águas residuais, ar de exaustão) geralmente não são implementadas. (Quicker et al. 2014).

Assim a tecnologia ainda não representa uma opção para o mercado brasileiro.

12.5.5 DESPOLIMERIZAÇÃO CATALÍTICA EM BAIXA PRESSÃO (KDV)

12.5.5.1 OBJETIVO E CARACTERÍSTICAS

O procedimento KDV tem duas aplicações de tratamento diversas:

- Tratamento 1: Conversão de resíduos e substânciais residuais ricas em carbono, como plásticos, têxteis, papel, etc., em frações de alta energia de petróleo, gás e carvão (Char).

Temos como substratos apropriados para esta tecnologia as diversas formas de biomassa com potencial para geração de energia renovável. Além das matérias-primas como a biomassa tradicional temos ainda atestada o emprego da tecnologia para as algas. Também lodos municipais e industriais (fábricas de curtumes, indústria de papel, etc.) são geralmente processáveis pelo método REIND.

O objetivo principal é a maior reutilização dos produtos existentes de petróleo, carvão e gás, em comparação com o material de origem.

- Tratamento 2: Processamento de materiais compostos-plásticos-metais por transferência da matriz plástica integrada com metais e minerais em uma forma mais simplesmente separável pelo uso do processo de olidificação. Por exemplo, os resíduos eletrônicos que contêm altas quantidades de metais preciosos e minerais integrados aos plásticos, e também resíduos de fios elétricos, sucata automotiva e similares são adequados como matéria-prima.

O objetivo principal é empregar a olidificação para otimizar a reciclagem dos metais e minerais inclusive as terras raras e metais estratégicos. A produção de derivados de petróleo, carvão e gás pode ser entendido como um objetivo secundário.

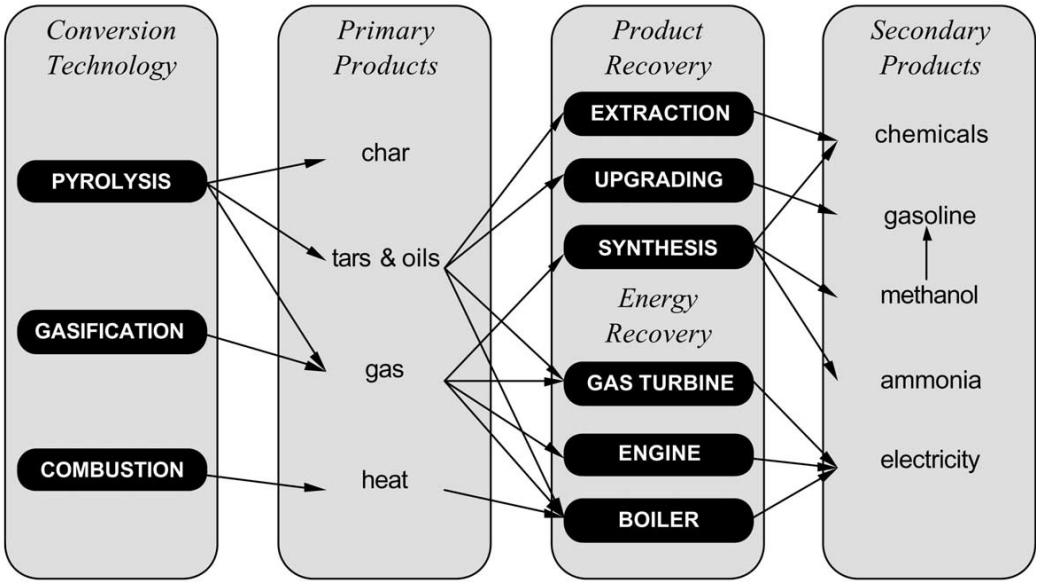
A despolimerização catalítica em baixa pressão tem que ser enquadrada como um processo de pirólise. Estabelecendo um comparativo entre a pirólise e os processos de gaseificação e incineração, temos que a pirólise é a que mais se identifica quanto as suas características de temperatura e de pressão.

No método KDV, em contraste com a clássica pirólise, se trabalha através da utilização de catalisadores, a temperaturas mais baixas, até 500 °C e sob pressão normal, resultando em baixo consumo de energia e menor formação de dioxinas e furanos (Figura 12-20).

A partir do processo se produzem quatro produtos:

- Óleo,
- Carbono (Char), que consiste em carbono e substâncias minerais a partir da matéria-prima,
- Gás rico em energia,
- Água através do processo de secagem.

Figura 12-20 - Produtos oriundos da conversão pela pirólise, gaseificação e combustão



Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

As macromoléculas orgânicas (polímeros) presentes nas frações plásticas para serem convertidas em baixo peso molecular, base líquida devem ser divididas em cadeias de polímeros. Esta divisão ocorre por uma reação endotérmica, onde para sua implementação é necessária adição de energia na forma de calor. A Tabela 12-6 contêm informações sobre as temperaturas de decomposição de diversos materiais plásticos.

Tabela 12-6 - Comportamento de vários polímeros artificiais em diferentes temperaturas

Plásticos	Temperatura de deformação	Temperatura de decomposição	Temperatura de chama	Temperatura de ignição	Poder calorífico	Densidade
	°C	°C	°C	°C	MJ/kg	g/cm³
PE	60-70	340-440	340	350	46,5	0,92-0,96
PP	85-90	330-410	350-370	390-410	46,0	0,91
PS	88	300-400	340-350	490	42,0	1,05
PVC	70-80	200-300	390	455	20,0	1,40
PU	180	220	310	415	n.b.	1,2
PA 6	200	300-350	420	450	32,0	1,13
PA 66	250	320-400	490	530	32,0	1,14
PC	150-155	350-400	520	não	31,0	1,2
PTFE	110	500-550	560	580	4,5	2,20
POM	170	220	350-400	ca. 400	17,0	1,42
ABS	90-121	-	390	480	36,0	1,02-1,07
PETP	80	285-305	440	480	21,5	1,34
PMMA	84-108	170-300	300	450	26,0	1,18
PAN	78-81	250-300	480	560	n.b.	1,15-1,17

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Atividades para a produção de óleo a partir de resíduos plásticos existem desde o início de 1970 na Alemanha e no Japão.

Novas iniciativas foram lançadas na Alemanha na década de 90, quando grandes quantidades de resíduos de plásticos estavam disponíveis como resultado do regulamento das embalagens e da criação da coleta DSD GmbH. As empresas químicas, como a BASF e Veba Oil analisaram várias opções de utilização de resíduos plásticos da coleta DSD. Também no Japão as atividades de reciclagem de matéria-prima de resíduos plásticos na segunda metade da década de 90 receberam um novo impulso após a previsão de que, em 2000, seria aplicado um regulamento das embalagens. As plantas de liquefação na Alemanha e no Japão operaram sob altos custos em decorrência dos processos de triagem e pré-tratamento dos resíduos plásticos e também devido ao fato de que resultavam dos processos pequenas quantidades de óleos e resíduos de baixa qualidade.

A partir de 2004 surge a terceira geração de pirólise. A terceira geração deste método tem como objetivo a simplificação dos sistemas de engenharia de produção de combustível e garantia de viabilidade econômica mesmo que seja em pequena capacidade de produção, renunciando aos processos de alta complexidade técnica comparáveis as tecnologias de refino, tais como o craqueamento de óleos pesados em altas temperaturas e pressões para a produção de combustível. Os catalisadores devem acelerar o processo, reduzir as temperaturas de fusão à pressão normal e melhorar a qualidade do produto.

Estes procedimentos podem ser agrupados sob o nome de conversão catalítica em baixa pressão (KDV). Vários sistemas com diferentes níveis de desenvolvimento estão em operação em todo o mundo. Na prática, estão disponíveis dois tipos de processos:

- Processo descontínuo (batelada);
- Processo contínuo.

Processos descontínuos ou por batelada consistem em unidades principais de processo formadas por um reator e condensador. Os materiais a serem olidificados serão introduzidos no reator, aquecidos, a água será extraída e, em seguida, os compostos de C são conduzidos para a fase de vapor. Na segunda fase do processo, ocorre a condensação em uma ou mais etapas. Os procedimentos por batelada não demandam exigências complexas para o material de entrada, podendo ser processadas frações de até 50 cm.

Processos contínuos são muito exigentes em relação ao preparo do material de entrada. É necessária uma trituração intensiva do material de entrada. O material de entrada triturado é conduzido continuamente, por uma rosca extrusora, durante a alimentação do reator. Neste reator, o material será seco, liquefeito e evaporado sob aplicação de calor. Então é transferido para a unidade de condensação.

Como material de saída são produzidos, nos dois tipos de processos, subprodutos na forma de óleo bruto, gás combustível e carvão como subproduto sólido.

Depois de avaliar a literatura e a partir de experiência própria de pesquisa e operação de planta podemos descrever como insumos adequados para o processamento KDV de acordo com a tecnologia Reind:

- Plásticos: Poliolefinas particularmente adequadas, entre outras, PE, PP, PMP,
- Combustível derivado de resíduos (CDR)
- Papel/papelão/cartão,
- Têxteis,
- Frações com alto poder calorífico captadas em mineração de aterros sanitários,
- Borracha e pneus,
- Compostos-metal-plástico como as frações leves de sucata automobilística,
- Resíduos eletrônicos, fios elétricos, etc.
- Especificações para a olidificação de matéria-prima estão listadas abaixo:

- limitar o tamanho do grão
- limitar a proporção de PVC e PET para < 5 %,
- baixo teor mineral e teor de água,
- baixo teor de contaminantes.

Os fluxos de massa dependerão dos parâmetros operacionais. No entanto, também têm importância decisiva a qualidade do material de entrada. Dependendo das substâncias de entrada e dos sistemas de processamento, teremos diferentes variações do fluxo de massa no balanço operacional, quais sejam:

- Óleo 34-82 %,
- Gás 5-57 %,
- Carvão 4-47 %,
- Água 1-39 %.

A partir dos resíduos plásticos maiores quantidades de óleo podem ser geradas com valores que alcançam até 89 % da quantidade de matéria-prima. Em paralelo, o gás, o carvão e os níveis de água são muito baixos. As quantidades de óleo geradas a partir do CDR alcançam valores de 52-65 % da quantidade de matéria-prima, devido a sua menor densidade de energia quando comparado aos plásticos puros. Deve-se considerar que os sólidos remanescentes são compostos em grande parte de resíduos minerais e, assim, tem um teor relativamente baixo de energia e aumentam a incorporação de carbono nas frações sólidas. A umidade é bem abaixo de 10 % no processamento de misturas plásticas e CDR de alta qualidade. Os resultados referentes às quantidades de óleo produzidos em resíduos urbanos ou rejeitos são bem mais desfavoráveis.

Para os rejeitos coletados na Alemanha os teores de umidade variam entre 30 a 40 %. Em países onde a coleta seletiva de orgânicos não esteja instituída, o teor de umidade será bem acima do 50 %. Na maioria dos países emergentes e em desenvolvimento, assim como no Brasil, é registrada a umidade variando entre 55 a 65 %. Os valores de poder calorifico identificados nos resíduos domiciliares estão na ordem de apenas 5.500 a 8.000 kJ/kg. Isto resulta em um potencial pequeno de geração de óleo abaixo de 30 %. Os altos teores de umidade demandam altos custos de energia para a secagem dos materiais antes do procedimento de olidificação.

O método KDV produz grandes quantidades de óleo de relativamente boa qualidade através do preparo das frações plásticas do grupo de poliolefinas. Também outros plásticos mistos e frações de alto poder calorífico dos rejeitos (CDR) são adequados, quando os requisitos de qualidade anteriormente apresentados são levados em conta. Métodos KDV não são, portanto, adequados para o tratamento de resíduos domiciliares in natura.

O carvão é adequado como fonte alternativa de energia em fábricas de cimento e plantas de força. Entende-se que não ocorrerão custos extras de destinação devido ao alto teor de energia e a boa consistência do produto para o sistema de dosagem, e ainda pode-se esperar uma receita extraordinária. Coque de petróleo, um produto similar com um valor calorífico um pouco maior, em torno de 37.000 kJ/kg, está sendo negociado atualmente por $ 140/t. Para que se possa alcançar um bom valor de mercado temos como requisito para este carvão um alto poder calorífico acima de 20.000 kJ/kg. Isto significa que apenas poderão ser processados, os materiais que têm baixo conteúdo mineral. O gás produzido tem um conteúdo elevado de energia e pode ser utilizado para recuperação de energia, por exemplo em cogeração em CHP.

12.5.5.2 AVALIAÇÃO DA TÉCNICA

Segundo especialistas, as técnicas de conversão catalítica de acordo com o método KDV demonstraram a funcionalidade do conceito. Esta colocação só encontra amparo nas plantas de baixa capacidade de processamento. As tecnologias conhecidas, contínuas ou descontínuas, têm capacidade de processamento de até 250 kg por hora. Maior capacidade de processamento deve ser alcançado através de concatenação de vários módulos.

Poucas plantas em operação têm informações detalhadas sobre as qualidades dos produtos gerados. Em poucas plantas pesquisadas sistematicamente, óleo utilizável, produtos de gás e carvãoutilizáveis poderiam ser produzidos. Supõe-se que sejam processados plásticos de alta qualidade, misturas de plástico ou CDR. A conversão dos RSU é possível, em princípio, porém as qualidades dos produtos serão inferiores.

Balanços energéticos estão disponíveis apenas em alguns sistemas. Os resultados mostram que apenas no processamento de plásticos de alta qualidade, misturas de plástico ou CDR elevadas quantidades de óleo são produzidas e assim, resultam em um balanço energético positivo. Na conversão de RSU o balanço energético, de acordo com cálculos próprios, é claramente negativo. Isto se deve à pequena quantidade de óleo produzida e aos elevados custos de secagem.

Neste momento, os sistemas KDV são empregados de forma descentralizada para o processamento de quantidades relativamente pequenas de resíduos. Para plantas de larga escala ainda é necessário atestar sua viabilidade operacional e condições de manutenção. Mesmo com estas incertezas, o método estudado tem um elevado potencial de desenvolvimento futuro.

Assim a tecnologia ainda não representa uma opção para o mercado brasileiro.

13 Referências de Plantas de Tratamento

13.1 Na Europa

O mercado de plantas de tratamento mecânico-biológico (TMB plantas) continua a crescer. A quantidade de TMB plantas na Europa aumentou por aproximadamente 60 % entre 2005 e 2011, remontando em 330 plantas em operação e mais 126 plantas em fase de planejamento. Nesse mesmo período, as capacidades de tratamentos aumentaram cerca de 70 % processando 33 milhões toneladas anuais. Desse modo, o crescimento continuará nos próximos cinco anos onde espera-se que o número de plantas alcançará quase 450 com capacidade instalada para processar 46 milhões toneladas anuais.

A Diretiva de Aterro da UE particularmente limita o aterramento de resíduos biodegradáveis e estipula o pré-tratamento de RSU. Para atendimento destes requisitos temos que o TMB é a única alternativa tecnológica à incineração, sendo que esta última enfrenta diversos desafios políticos. Ao mesmo tempo, as plantas TMB oportunizam a geração de combustíveis alternativos de alta qualidade para serem empregados em fábricas de cimento, plantas de força tanto para CDR quanto para carvão.

13.2 Na Alemanha

Segundo Michael Balhar em GESTÃO SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS SÓLIDOS:

"Na Alemanha, atualmente 44 plantas com tecnologia TMB estão operando no tratamento de resíduos sólidos urbanos e rejeitos. A tecnologia TMB na Alemanha se encontra em um estado de desenvolvimento alto, mas também há forte demanda na Europa e no mundo.

A maior parte das plantas em funcionamento na Alemanha foi construída nos anos de 2001 a 2005, devido à proibição da disposição de resíduos não tratados em aterros, a partir de 1° de junho 2005 (data firmada na "TA-Si").

A capacidade total de tratamento das 44 plantas é de, aproximadamente, 5,5 milhões Mg/a. Além disso, 2-3 milhões de resíduos são tratados apenas por processos mecânicos para a produção de combustíveis alternativos, em mais 20 plantas. A fração fina resultado deste tratamento é submetida a um tratamento biológico em uma planta TMB, para estabilização e disposição em aterro, ou seca por processos biológicos para o aproveitamento energético.

Os conceitos e a operação das plantas existentes hoje na Alemanha, foram, e ainda são, marcadas pelas exigências legais de operação, estipuladas na diretiva sobre a disposição de resíduos (hoje: diretiva de aterros) e na trigésima diretiva para a

execução da lei federal relativa à proteção de emissões (30. BImSchV; diretiva para plantas de tratamento biológico de resíduos). As plantas demonstram grande variedade em relação à capacidade, equipamento técnico e orientação conceitual. Todas as plantas têm em comum a separação dos resíduos em diferentes fluxos os quais são submetidos aos demais tratamentos, ou dentro da própria planta, ou externamente. O combustível alternativo é produzido a partir da separação da fração de elevado poder calorífico, ou após secagem biológica ou térmica, de todos os resíduos.

Em todas as plantas, o objetivo é a separação e o beneficiamento dos resíduos apropriados para a reciclagem ou para o aproveitamento. A operação das plantas é sujeita a constantes mudanças das condições legais, conforme a legislação sobre resíduos, e econômicas, exigindo altos padrões de qualidade, economicidade e flexibilidade em sua gestão.

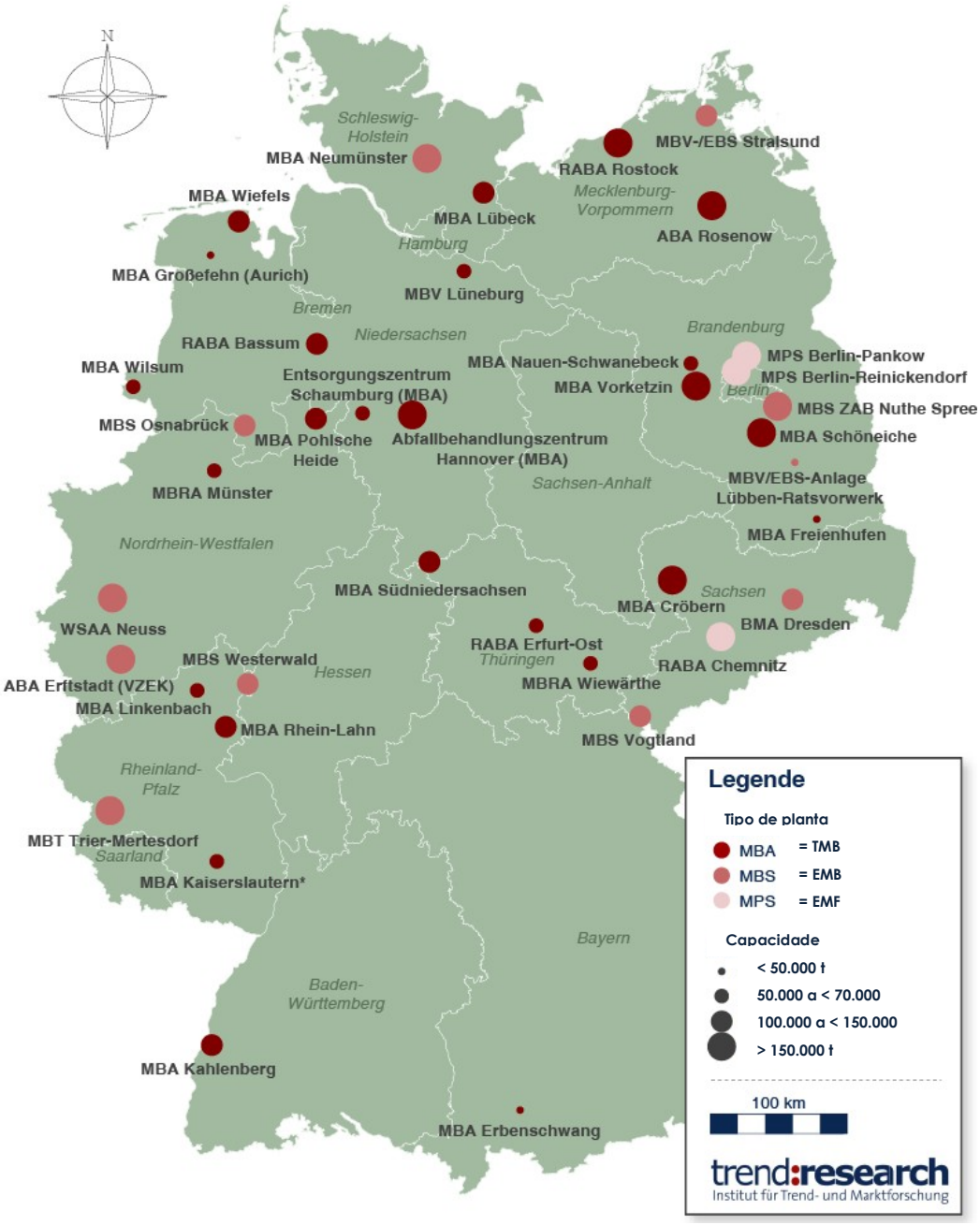
A Figura 13-1 representa a localização das plantas construídas na Alemanha, com tecnologia TMB, EMB e EMF. Informações detalhadas sobre cada planta se encontram no "relatório de TMB" (MBA-Steckbriefe), publicado pela ASA.

O processo mais aplicado para o tratamento de materiais específicos é o **tratamento mecânico-biológico (TMB)**, instalado em 29 plantas. A primeira etapa deste tratamento consiste na separação de materiais apropriados para a reciclagem ou para o aproveitamento energético. Em seguida, o material restante, de granulometria menor, é submetido a um tratamento biológico.

O tratamento biológico pode consistir em uma etapa de compostagem (túnel, leiras, trapezoidais), ou em uma etapa de biodigestão anaeróbia (a seco ou a úmido). O produto final do tratamento biológico é um material apropriado para a disposição. Um desenvolvimento recente, praticado em algumas plantas, consiste na secagem do material de granulometria menor para o aproveitamento energético.

O tratamento por **estabilização mecânica-biológica (EMB)**, aplicado em 12 plantas, se constitui em um processo alternativo. O objetivo da EMB é a secagem biológica de todos os resíduos, ou, segundo conceito da planta, apenas da fração de alto poder separada para produção de combustíveis alternativos, e a redução expressiva da quantidade de resíduos destinados à disposição. A primeira etapa do tratamento consiste no acondicionamento dos resíduos para a secagem a jusante. Os resíduos são conduzidos para a etapa da secagem biológica, principalmente para redução da umidade, sem maior degradação dos compostos orgânicos. O calor liberado pelo autoaquecimento dos compostos orgânicos dos resíduos é utilizado para a evaporação da umidade dos resíduos. Em seguida, os resíduos secos são submetidos a um tratamento mecânico para a separação de metais, minerais e corpos estranhos, para a produção de uma ou várias frações de alto poder calorífico, de qualidades diferenciadas.

Figura 13-1 – Plantas de TMB, EMB e EMF na Alemanha



Fonte: Briese e Gatena, 2015.

A **estabilização mecânica-física (EMF)**, aplicada em 3 plantas, se constitui em mais uma alternativa de tratamento de resíduos. Os componentes de alto poder calorífico contidos nos resíduos sólidos urbanos são separados por processos mecânicos e físicos e processados em várias etapas, para produção de um combustível alternativo. O processo compreende a separação dos componentes de baixo poder calorífico e dos metais (ferrosos e não ferrosos), e várias etapas de trituração. Se necessário, a fração rica em contaminantes pode ser separada e a fração de alto poder calorífico pode ser submetida a secagem em secador rotativo, por exemplo.

Além dos materiais destinados à reciclagem ou ao aproveitamento material, o tratamento de resíduos fornece combustíveis alternativos na ordem de até 3 milhões de Mg/a. O poder calorífico deste material pode ser comparado ao da lenha ou da lignite. Geralmente, este tipo de combustível alternativo tem em sua composição mais de 50 % de componentes biogênicos, desta forma neutros em CO_2. Os gestores das plantas de TMB, portanto, contribuem para atingir os objetivos relacionados à proteção do clima.

Em uma parte das plantas associadas na ASA, a fração biogênica dos resíduos é submetida a um tratamento anaeróbio (biodigestão). O biogás produzido por estes processos é transformado em eletricidade e calor, em sistemas de cogeração.

Os materiais residuais produzidos pelos tratamentos mecânico-biológicos são dispostos em aterros de tal maneira que não constituam perigo para as futuras gerações, possibilitando a utilização da infraestrutura existente por um tempo prolongado, devido à redução de massa e a otimização de sua densidade.

No que se refere às plantas de recuperação energética através da biodigestão, temos que na Alemanha, segundo artigo técnico publicado na edição de dezembro da revista técnica Müll und Abfall (FRICKE; HEUSSNER; HUTTNER; TURK; PEREIRA; BAUER; BIDLINGMAIER, 2013b), atualmente, são operadas 63 plantas de digestão anaeróbia para o tratamento de resíduos orgânicos e verdes (capacidade de 1,36 milhões de t/a), assim como 12 plantas TMB para o tratamento de resíduos sólidos urbanos (capacidade de 680.000 t/a), resultados esses que podem ser observados na Tabela 13-1.

É possível afirmar que os conceitos tecnológicos das plantas de tratamento, tanto para o processamento dos resíduos orgânicos biológicos quanto para os domiciliares, geralmente aplicam as mesmas tecnologias. Desta forma, processos de tratamento contemplam etapas que vão desde o preparo e beneficiamento do material descarregado até a seleção de contaminantes, para garantir não apenas a qualidade dos produtos gerados, mas também reduzir a possibilidade de distúrbios mecânicos no fluxo do processo.

Tabela 13-1 - Status quo relativo às instalações de tratamento para resíduos orgânicos e verdes (Base 2012) assim como as instalações de tratamento mecânico-biológico de resíduos domiciliares (Base 2011), todas as instalações situadas na Alemanha

Valorização de resíduos orgânicos e verdes	
Capacidade de tratamento instalada	12,0 milhões t/a
Número de plantas de compostagem	990
Quantidades processadas	9,6 milhões t/a
Número de plantas de fermentação	63
Capacidade de processamento da fase de fermentação	1,36 milhões t/a

Valorização de resíduos orgânicos e verdes	
Tratamento de resíduos domiciliares (TMB)	
Capacidade de tratamento instalada	5,5 milhões t/a
Quantidades de plantas	44
Número de plantas de fermentação	12
Capacidade de processamento da fase de fermentação	0,68 milhões t/a

Fonte: Fricke, 2013.

13.2.1 Exemplos de Plantas de Tratamento Mecânico-Biológico

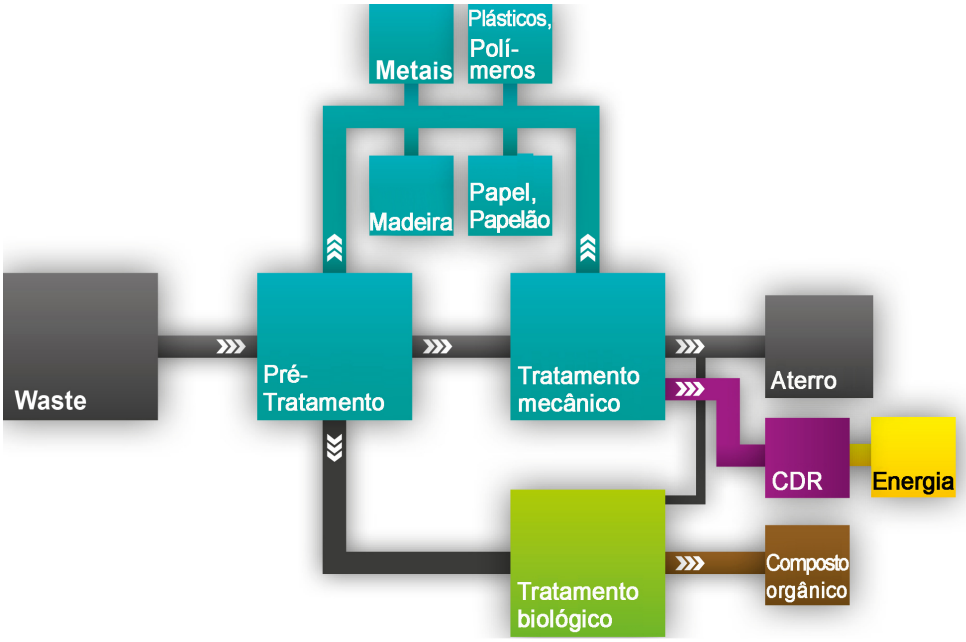
A busca por alternativas para minimizar os impactos gerados pela gestão tradicional dos resíduos pode ser percebida em âmbito global. Diversos países desde os mais industrializados até os subdesenvolvidos têm já alguma ação implementada, seja em pequena escala e envolvendo poucos recursos seja em larga escala em plantas automatizadas. Avaliando o cenário global podemos concluir que há demanda por tecnologias simples, por exemplo os revolvedores de leiras com maior demanda de área, emissão de odor mas de baixo investimento e baixa complexidade operacional, estes classificados como sistemas extensivos, para tecnologias medianas como a apresentada neste relatório com sistema intensivo de aeração e leiras envelopadas que mitigam o odor e permitem que a estabilização ocorra em um período mais curto a partir de uma decomposição integralmente controlada e remontam a baixa complexidade operacional, até tecnologias de alta complexidade técnica e operacional, como por exemplo os túneis e galpões aerados que apesar de menor demanda de área e maior controle de emissões, resultam em custos mais elevados de construção civil e equipamentos.

Conforme comentado por EGGERSMANN em Gestão Sustentável de Resíduos Sólidos Urbanos (FRICKE et al., 2015) , as exigências e condições específicas definem as soluções, portanto cada projeto deverá ser planejado individualmente. Devido a possibilidade de prover uma construção modular quando se trata do tratamento mecânico-biológico, um grande número de diferentes configurações estará disponível, podendo ser agrupadas da seguinte maneira:

- Básico;
- Intermediário;
- Complexo; e,
- Complexo Híbrido.

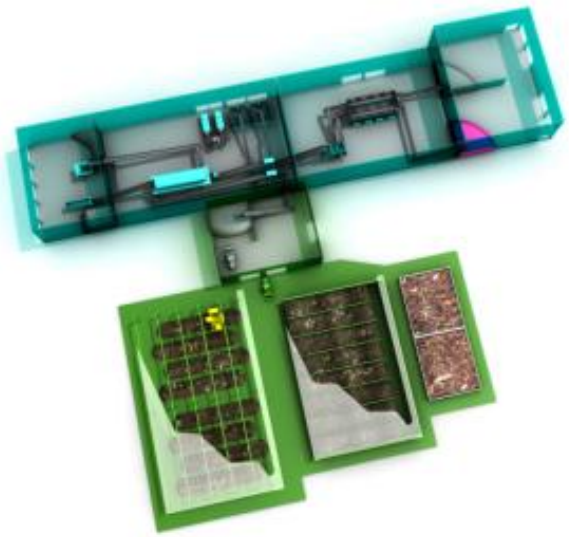
Como exemplo, a seguir são descritas uma configuração dos grupos "Intermediário" e "Complexo".

Figura 13-2 - Fluxograma do tratamento mecânico-biológico com compostagem



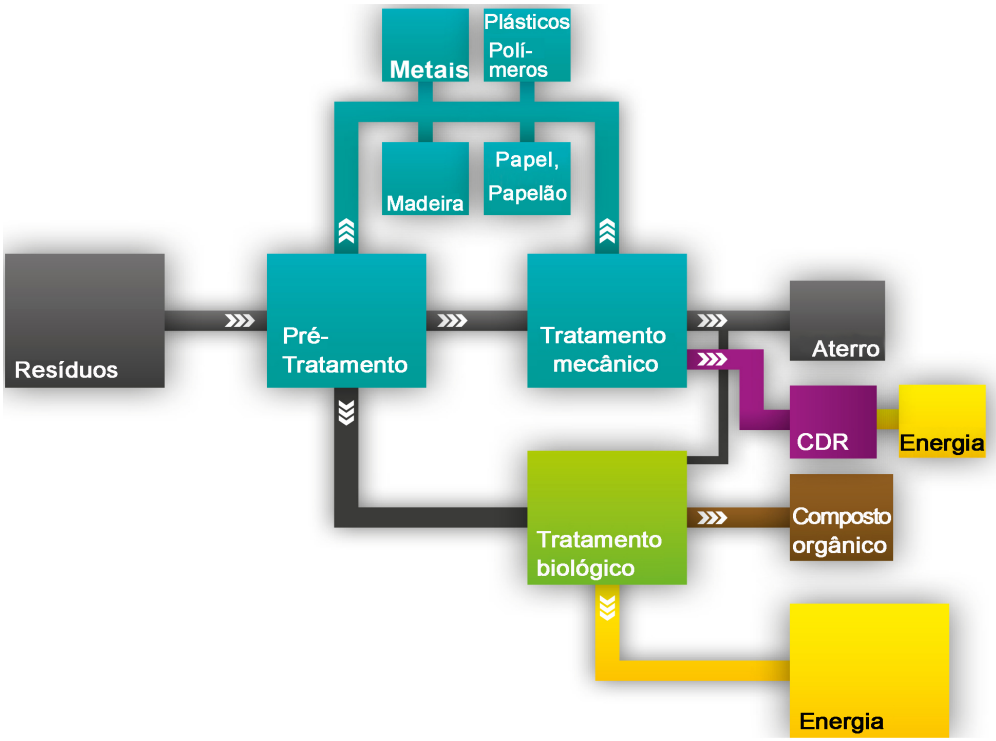
Fonte: Arquivo Eggersmann.

Figura 13-3 - *Layout* do tratamento mecânico-biológico com compostagem



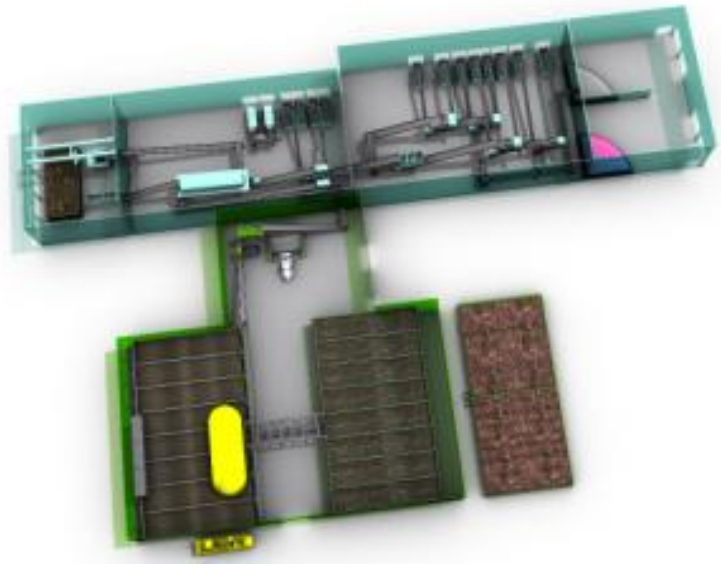
Fonte: Arquivo Eggersmann.

Figura 13-4 - Fluxograma do tratamento mecânico-biológico com biodigestão anaeróbia e compostagem



Fonte: Arquivo Eggersmann.

Figura 13-5 - *Layout* do tratamento mecânico-biológico com biodigestão anaeróbia e compostagem



Fonte: Arquivo Eggersmann.

13.3 No Brasil

Avaliando o comportamento do mercado após a edição da Política Nacional de Resíduos Sólidos em 2010 temos um importante movimento no sentido de contratar e planejar plantas de tratamento por parte do poder público (Tabela 13-2 e Tabela 13-3). Tal fato se deve principalmente a necessidade de atendimento das prerrogativas legais mas também não deixa de estar ancorado no entendimento de que resíduos são àquelas frações passíveis de valorização e desta forma apenas os rejeitos, frações que não encontram mais assistência tecnológica no mercado para sua transformação, é que deverão ser aterrados.

Plantas em planejamento previstas nos PGIRS municipal:

Tabela 13-2 – Plantas em planejamento

Município		Tipo de tratamento
2010-2015		
GUARULHOS-SP	1.312.197	TMB com fermentação
CARAPICUIBA-SP	390.073	TMB com fermentação
VOTUPORANGA-SP	90.508	TMB
RIO BRANCO-AC	363.928	TMB com fermentação
CUIABA-MT	542.861	TMB
MARINGÁ-PR	391.698	TMB com fermentação
LONDRINA-PR	543.003	TMB
RIO DE JANEIRO-RJ	6.453.682	Tratamento mecânico
SÃO PAULO - SP	11.895.893	TMB com fermentação
SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - SP	681.036	TMB com fermentação
CONSÓRCIO CISBRA - SP (12 Cidades)	302.116	TMB com fermentação
CONSÓRCIO AMMVI - SC (14 Cidades)	718.440	TMB com fermentação
CONSÓRCIO AMAVI - SC (28 Cidades)	273.479	TMB com fermentação

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Tabela 13-3 – Plantas contratadas entre 2010 e 2014

Município		Tipo de tratamento
2010-2014		
EMBU-SP	259.053	TMB com fermentação
COTIA-SP	225.306	TMB com fermentação
ITU-SP	165.511	TMB com fermentação
JACAREI-SP	224.826	TMB com fermentação
PIRACICABA-SP	388.412	TMB com fermentação
SÃO BERNARDO DO CAMPO-SP	811.489	TMB com incineração
BARUERI-SP	259.555	Incineração
SÃO PAULO-SP	11.895.893	Tratamento mecânico
PAULÍNIA-SP	95.221	Tratamento mecânico
COROADOS-SP	5.685	TMB
SÃO LUIS-MA	1.064.197	TMB
PAULISTA-PE	319.769	Tratamento mecânico
CAMPO GRANDE-MS	843.120	Tratamento mecânico
REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE-MG	2.491.109	TMB

Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

Segundo a CETESB, em Junho de 2015, 5 plantas de compostagem de RSU estavam licenciadas e uma série de projetos de valorização de resíduos que contemplavam as mais diversificadas formas de plantas de tratamento estavam em análise, como seguem:

Tabela 13-4 - A Alternativas tecnológicas para tratamento de RSU- licenciadas e em licenciamento no Estado de São Paulo

Município	Empresa	Tecnologia	Status
Piracicaba	Piracicaba Ambiental S.A.	Tratamento Mecânico Biológico – TMB e Central	LO expedida
Jacareí	Concessão Ambiental Jacareí Ltda	Tratamento Mecânico Biológico – TMB e Central	LP em análise
Embú das Artes	Embú Ecológica Ambiental S/A	Tratamento Mecânico Biológico – TMB	LP em análise
Cotia	Cotia Ambiental S/A	Tratamento Mecânico Bio-	LP em análise

Município	Empresa	Tecnologia	Status
		lógico – TMB	
Igaratá	COMG Sustentabilidade Ltda	Tratamento Mecânico Biológico – TMB	LP em análise
Paulínia	ESTRE Ambiental S.A.	Produção de combustível derivado de resíduos-CDR	Licenciado com LOR
Palmital	PCD Ambiental	Produção de combustível derivado de resíduos-CDR	LO em análise
Barueri	FOXX URE Ambiental Empreendimentos Ltda	Usina de Recuperação de Energie-URE	LI em análise
São Bernardo do Campo	SBC Valorização de Resíduos S.A.	Sistema de processamento e aproveitamento de resíduos (inclui TMB) e URE	EIA/RIMA em análise

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

14 Matriz de Impacto Tecnológico

Para formar uma matriz de impacto tecnológico foi necessário abordar aspectos de ordem econômica, ambiental e operacional. Estas abordagens permitem comparar as tecnologias, suas vantagens e fragilidades. Estes aspectos foram adaptados dentro de uma matriz formulada em "Relatório Ambiental Preliminar – RAP" (PEREIRA; BENVENUTO; LINDNER, 2006) onde os impactos ambientais e sua importância para o meio ambiente e as principais medidas mitigadoras foram contempladas pelo projeto do Parque de Valorização de Resíduos Urbanos, no município de São Sebastião, no estado de São Paulo.

Segundo definido no RAP:

> A matriz de impacto tecnológico visa traçar linhas multidisciplinares de avaliação desde caracterização técnica, capacidade de adaptação da tecnologia, riscos envolvidos na rotatividade da equipe, disponibilidade de peças de reposição, risco de importação, capacitação técnica, linhas de financiamento, licenciamento ambiental, educação ambiental e inclusão social.
>
> Na matriz, o campo "Impactos Ambientais" serve para descrever os impactos ambientais associados aos aspectos ambientais. São estes impactos que foram avaliados individualmente no campo "Avaliação" [...]. O número de pontos visto entre parênteses, serve para caracterização do grau de cada impacto, conforme será explicado a seguir.
>
> O campo "Avaliação" foi subdividido nos seguintes itens:
>
> - Abrangência (A) – o impacto ambiental deve ser avaliado conforme abaixo:
> - Local (1 ponto) – aquele cujos efeitos do aspecto ambiental se fazem sentir apenas no próprio sítio onde se deu a ação e suas imediações;
> - Regional (2 pontos) – aquele cujos efeitos do aspecto ambiental se propagam por uma área além das imediações do sítio onde se dá a ação;
> - Global (3 pontos) – aquele cujos efeitos do aspecto ambiental atingem um componente ambiental de importância coletiva, nacional ou até mesmo internacional.
> - Probabilidade (Pr) – os impactos ambientais potenciais associados à situações de risco devem ser avaliados segundo sua probabilidade de ocorrência, conforme os critérios a seguir:
>   - **Alta** (3 pontos) – aquele cuja possibilidade de ocorrência seja muito grande ou existam evidências de muitas ocorrências no passado (no mínimo um caso em um ou dois anos, por exemplo).
>   - **Média** (2 pontos) – aquele cuja possibilidade de ocorrência seja razoável ou existam evidências de algumas ocorrências no passado (no mínimo um caso em três ou quatro anos, por exemplo).
>   - **Baixa** (1 ponto) – aquele cuja possibilidade de ocorrência seja nula ou muito remota (no mínimo um

caso em cinco anos ou mais, por exemplo) ou não existam evidências de ocorrência no passado.

- Severidade (Sr) – os impactos ambientais devem ser avaliados segundo sua criticidade em relação ao meio ambiente, em três tipos de categorias:
  - **Severo** (3 pontos) – aquele cujo impacto ambiental adverso cause danos irreversíveis, críticos ou de difícil reversão e/ou ponha perigo a vida de seres humanos externos ao sítio.
  - **Leve** (2 pontos) – aquele cujo impacto adverso cause danos reversíveis ou contornáveis e/ou ameace a saúde de seres humanos externos ao sítio.
  - **Sem dano** (1 ponto) – aquele cujo impacto ambiental cause danos mínimos ou imperceptíveis.
- Detecção (De) – os impactos ambientais potenciais e reais devem ser avaliados segundo o seu grau de detecção, conforme critérios a seguir:
  - **Difícil** (3 pontos) – é improvável que o impacto ambiental real ou que o aspecto ambiental potencial, neste último caso quando o mesmo vier a se manifestar, seja detectado através dos meios de monitoramento disponíveis.
  - **Moderado** (2 pontos) – é provável que o aspecto ambiental real ou que o aspecto ambiental potencial, neste último caso quando o mesmo vier a se manifestar, seja detectado através dos meios de monitoramento disponíveis e dentro de um período razoável de tempo.
  - **Fácil** (1 ponto) – é praticamente certo que o impacto ambiental real ou que o impacto ambiental potencial, neste último caso quando o mesmo vier a se manifestar, seja detectado rapidamente através dos meios de monitoramento disponíveis.

A matriz montada foi preenchida considerando-se condições normais de operação, com produtos e/ou serviços realizados no presente. Também não foram levados em consideração os impactos considerados como benéficos.

Outro campo existente é o referente à "Magnitude", que é um dos atributos principais de um impacto ambiental. É a grandeza de um impacto em termos absolutos, podendo ser definida como as medidas de alteração nos valores de um fator ou parâmetro ambiental, ao longo do tempo, em termos quantitativos ou qualitativos.

Apresentam-se algumas definições para Magnitude encontradas na literatura: "grau ou extensão da escala de um impacto" (Fisher & Davies, 1973) e "provável grandeza de cada impacto potencial" (Environmental Protection Service, 1978).

Na matriz montada, o campo Magnitude é composto pelos parâmetros abaixo:

- Resultado (Re) – é determinado pela multiplicação dos fatores (Probabilidade X Severidade X Abrangência X Detecção). (PEREIRA; BENVENUTO; LINDNER, 2006, p. 192-193)

O grau de magnitude é classificado conforme a Tabela 14-1 e a atribuição de pontos da avaliação na Tabela 14-2.

Tabela 14-1 – Classificação do grau de magnitude para a matriz de impacto tecnológico

Pontuação Obtida	Grau de Magnitude
Re < 06	Desprezível
06 =< Re < 18	Significante
Re >= 18	Importante

Fonte: Pereira, Benvenuto e Lindner, 2006.

Tabela 14-2 – Classificação da Avaliação para a matriz de impacto tecnológico

Avaliação	Pontos		
	1	2	3
Abrangência	Local	Regional	Global
Probabilidade	Baixa	Média	Alta
Severidade	Sem dano	Leve	Severo
Detecção	Fácil	Moderado	Difícil

Fonte: Pereira, Benvenuto e Lindner, 2006.

Considerando a experiência profissional acumulada pelos autores foi possível adaptar a matriz de impacto desenvolvida em "Relatório Ambiental Preliminar – Parque de Valorização de Resíduos – Prefeitura Municipal de São Sebastião, São Paulo" (PEREIRA; BENVENUTO; LINDNER, 2006) para uma realidade de análise de rota tecnológica que abarque desde os componentes ambientais, econômicos até os operacionais, definindo e quantificando tanto o grau de impacto quanto o desmembramento atrelado a cada componente estudado (veja Tabela 14-3 a Tabela 14-7).

Tabela 14-3 - Formação da matriz de impactos tecnológicos – Fermentação úmida

MATRIZ DE IMPACTOS TECNOLÓGICOS - FERMENTAÇÃO ÚMIDA						
Componentes Ambientais	Avaliação				Magnitude	
	Abrangência	Probabilidade	Severidade	Detecção	Re	Grandeza do Impacto
Emissões líquidas	2	3	3	1	18	
Emissões gases	2	2	3	1	12	
Emissões de odores	1	3	3	1	9	
Emissões de particulados	1	2	2	1	4	
Emissões de ruídos	1	2	2	1	4	
Proliferação de vetores	1	2	2	2	8	
Componentes Econômicos	Avaliação				Magnitude	
	Abrangência	Probabilidade	Severidade	Detecção	Re	Grandeza do Impacto
Custos de investimento	1	3	3	1	9	
Custos de Operação	1	3	3	1	9	
Não geração de receita com comercialização de biogás	1	1	2	1	2	
Não geração de receita com comercialização de composto	1	3	2	1	6	
Custos de destinação de líquidos	1	3	2	1	6	
Consumo de energia	1	3	2	1	6	
Componentes Operacionais	Avaliação				Magnitude	
	Abrangência	Probabilidade	Severidade	Detecção	Re	Grandeza do Impacto
Complexidade do tratamento mecânico	1	3	3	1	9	
Potencialidade do não processamento das frações orgânicas	1	3	3	1	9	
Não comercialização de biogas	1	1	2	1	2	
Não comercialização de composto	1	3	2	1	6	
Nível de capacitação da equipe	1	3	3	1	9	
Frequencia de manutenção corretiva	1	3	3	1	9	
Geração de rejeitos	1	3	3	1	9	
Área necessária	1	1	2	1	2	
Não implementação internacionais nos últimos 5 anos	1	3	2	1	6	
Indisponibilidade de fornecedores	1	1	2	1	2	

Fonte: Adaptada pelo autor, 2013 na base de Pereira, Benvenuto e Lindner, 2006.

Tabela 14-4 – Formação da matriz de impactos tecnológicos – Fermentação seca contínua

MATRIZ DE IMPACTOS TECNOLÓGICOS - FERMENTAÇÃO SECA CONTÍNUA						
Componentes Ambientais	Avaliação				Magnitude	
	Abrangência	Probabilidade	Severidade	Detecção	Re	Grandeza do Impacto
Emissões líquidas	2	3	3	1	18	
Emissões gases	2	2	3	1	12	
Emissões de odores	1	3	3	1	9	
Emissões de particulados	1	2	2	1	4	
Emissões de ruídos	1	2	2	1	4	
Proliferação de vetores	1	2	2	2	8	
Componentes Econômicos	Avaliação				Magnitude	
	Abrangência	Probabilidade	Severidade	Detecção	Re	Grandeza do Impacto
Custos de investimento	1	3	3	1	9	
Custos de Operação	1	2	3	1	6	
Não geração de receita com comercialização de biogás	1	1	2	1	2	
Não geração de receita com comercialização de composto	1	3	2	1	6	
Custos de destinação de líquidos	1	2	2	1	4	
Consumo de energia	1	2	2	1	4	
Componentes Operacionais	Avaliação				Magnitude	
	Abrangência	Probabilidade	Severidade	Detecção	Re	Grandeza do Impacto
Complexidade do tratamento mecânico	1	3	3	1	9	
Potencialidade do não processamento das frações orgânicas	1	2	3	1	6	
Näao comercialização de biogas	1	1	2	1	2	
Não comercialização de composto	1	1	2	1	2	
Nível de capacitação da equipe	1	3	3	1	9	
Frequencia de manutenção corretiva	1	2	3	1	6	
Geração de rejeitos	1	2	3	1	6	
Área necessária	1	1	2	1	2	
Não implementação internacionais nos últimos 5 anos	1	2	2	1	4	
Indisponibilidade de fornecedores	1	2	2	1	4	

Fonte: Adaptada pelo autor, 2013 na base de Pereira, Benvenuto e Lindner, 2006.

Tabela 14-5 – Formação da matriz de impactos tecnológicos – Fermentação seca descontínua

MATRIZ DE IMPACTOS TECNOLÓGICOS - FERMENTAÇÃO SECA DESCONTÍNUA						
Componentes Ambientais	Avaliação				Magnitude	
	Abrangência	Probabilidade	Severidade	Detecção	Re	Grandeza do Impacto
Emissões líquidas	2	1	3	1	6	
Emissões gases	2	2	3	1	12	
Emissões de odores	1	2	3	1	6	
Emissões de particulados	1	2	2	1	4	
Emissões de ruídos	1	2	2	1	4	
Proliferação de vetores	1	2	2	2	8	
Componentes Econômicos	Avaliação				Magnitude	
	Abrangência	Probabilidade	Severidade	Detecção	Re	Grandeza do Impacto
Custos de investimento	1	2	3	1	6	
Custos de Operação	1	2	3	1	6	
Não geração de receita com comercialização de biogás	1	2	2	1	4	
Não geração de receita com comercialização de composto	1	3	2	1	6	
Custos de destinação de líquidos	1	1	2	1	2	
Consumo de energia	1	2	2	1	4	
Componentes Operacionais	Avaliação				Magnitude	
	Abrangência	Probabilidade	Severidade	Detecção	Re	Grandeza do Impacto
Complexidade do tratamento mecânico	1	2	3	1	6	
Potencialidade do não processamento das frações orgânicas	1	1	3	1	3	
Näao comercialização de biogas	1	1	2	1	2	
Não comercialização de composto	1	3	2	1	6	
Nível de capacitação da equipe	1	2	3	1	6	
Frequencia de manutenção corretiva	1	2	3	1	6	
Geração de rejeitos	1	1	3	1	3	
Área necessária	1	2	2	1	4	
Não implementação internacionais nos últimos 5 anos	1	1	2	1	2	
Indisponibilidade de fornecedores	1	2	2	1	4	

Fonte: Adaptada pelo autor, 2013 na base de Pereira, Benvenuto e Lindner, 2006.

Tabela 14-6 - Formação da matriz de impactos tecnológicos – Compostagem

MATRIZ DE IMPACTOS TECNOLÓGICOS - COMPOSTAGEM						
Componentes Ambientais	Avaliação				Magnitude	
	Abrangência	Probabilidade	Severidade	Detecção	Re	Grandeza do Impacto
Emissões líquidas	2	2	3	1	12	
Emissões gases	2	2	3	1	12	
Emissões de odores	1	3	3	1	9	
Emissões de particulados	1	3	3	1	9	
Emissões de ruídos	1	2	2	1	4	
Proliferação de vetores	1	3	2	2	12	
Componentes Econômicos	Avaliação				Magnitude	
	Abrangência	Probabilidade	Severidade	Detecção	Re	Grandeza do Impacto
Custos de investimento	1	1	3	1	3	
Custos de Operação	1	1	3	1	3	
Não geração de receita com comercialização de biogás	1	3	2	1	6	
Não geração de receita com comercialização de composto	1	1	2	1	2	
Custos de destinação de líquidos	1	1	2	1	2	
Consumo de energia	1	1	2	1	2	
Componentes Operacionais	Avaliação				Magnitude	
	Abrangência	Probabilidade	Severidade	Detecção	Re	Grandeza do Impacto
Complexidade do tratamento mecânico	1	1	3	1	3	
Potencialidade do não processamento das frações orgânicas	1	1	3	1	3	
Näao comercialização de biogas	1	3	2	1	6	
Não comercialização de composto	1	1	2	1	2	
Nível de capacitação da equipe	1	1	3	1	3	
Frequencia de manutenção corretiva	1	1	3	1	3	
Geração de rejeitos	1	1	3	1	3	
Área necessária	1	3	2	1	6	
Não implementação internacionais nos últimos 5 anos	1	1	2	1	2	
Indisponibilidade de fornecedores	1	1	2	1	2	

Fonte: Adaptada pelo autor 2013, na base de Pereira, Benvenuto e Lindner, 2006.

Tabela 14-7 - Formação da matriz de impactos tecnológicos – Reciclagem

MATRIZ DE IMPACTOS TECNOLÓGICOS - RECICLAGEM						
Componentes Ambientais	Avaliação				Magnitude	
	Abrangência	Probabilidade	Severidade	Detecção	Re	Grandeza do Impacto
Emissões líquidas	1	1	2	1	2	
Emissões gases	1	1	2	1	2	
Emissões de odores	1	3	3	1	9	
Emissões de particulados	1	1	2	1	2	
Emissões de ruídos	1	2	2	1	4	
Proliferação de vetores	1	3	3	2	18	
Componentes Econômicos	Avaliação				Magnitude	
	Abrangência	Probabilidade	Severidade	Detecção	Re	Grandeza do Impacto
Custos de investimento	1	1	2	1	2	
Custos de Operação	1	1	2	1	2	
Não geração de receita com comercialização de recicláveis	1	1	1	1	1	
Custos de destinação de líquidos	1	1	1	1	1	
Consumo de energia	1	1	2	1	2	
Componentes Operacionais	Avaliação				Magnitude	
	Abrangência	Probabilidade	Severidade	Detecção	Re	Grandeza do Impacto
Complexidade do tratamento mecânico	1	1	2	1	2	
Potencialidade do não processamento das frações orgânicas	1	3	3	1	9	
Não comercialização de recicláveis	1	1	1	1	1	
Não comercialização de composto	1	3	3	1	9	
Nível de capacitação da equipe	1	1	2	1	2	
Frequencia de manutenção corretiva	1	1	2	1	2	
Geração de rejeitos	1	3	3	1	9	
Área necessária	1	2	2	1	4	
Não implementação internacionais nos últimos 5 anos	1	1	1	1	1	
Indisponibilidade de fornecedores	1	1	1	1	1	

Fonte: Adaptada pelo autor 2013, na base de Pereira, Benvenuto e Lindner, 2006.

14.1 AVALIAÇÃO DE ROTA TECNOLÓGICA PARA A GESTÃO SUSTENTÁVEL DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES

Compilando os resultados obtidos a partir das matrizes elaboradas temos que a fermentação seca descontínua e a compostagem apesar de promoverem um impacto significativo, ainda são as tecnologias de menor grandeza de impacto quando comparadas as demais tecnologias, mesmo assim ainda demandam medidas mitigadoras quando da sua aplicação, na forma de controle de odores e vetores, controle das emissões líquidas e gasosas, entre outras formas de controle que promovam a segurança na área afetada pela operação da planta.

Tabela 14-8 – Formatação da matriz de impactos tecnológicos compilação de resultados

MATRIZ DE IMPACTOS TECNOLÓGICOS					
Tecnologias	Avaliação			Magnitude	
	ambiental	operacional	econômica	Re	Grandeza do Impacto
Fermentação úmida	55	63	38	156	
Fermentação seca contínua	55	50	31	136	
Fermentação seca descontínua	40	42	28	110	
Reciclagem	18	40	8	66	
Compostagem	58	33	18	109	

Re: Resultado da adição dos fatores (Ambiental+Operacional+Economico)

Desprezível (Re<100):	
Significante (100=<Re<150):	
Importante (Re>=150):	

Fonte: Matriz desenvolvida pela autora com os dados das matrizes anteriores (2013).

Os resultados obtidos a partir da matriz tecnológica corroboram com as informações apresentadas no âmbito deste relatório onde recomenda-se um sistema de reciclagem de materiais e recuperação energética na forma de biodigestão seca em túneis atrelado a um sistema aeróbio para estabilização da fração orgânica reduzindo significativamente a massa podendo inclusive vir a gerar composto e/ou condicionadores de solos.

Comparado aos sistemas de biodigestão convencionais na forma contínua ou úmida, os processos por batelada mostram as seguintes vantagens, as quais são especialmente significativas para uma planta no Brasil:

- Não há necessidade de uma preparação onerosa das frações para a biodigestão.
- Não há necessidade de uma mistura mecânica durante a fermentação.
- No fermentador não se encontram componentes mecânicos.
- Não há risco de redução no desempenho da fermentação quando da desconstituição dos microorganismos biológicos devido há existência de microorganismos biocinéticos que garantem a base do processamento.
- Não há necessidade de um processo oneroso de prensagem ao término da biodigestão seca descontínua (por batelada), onde se descartam grandes quantidade de líquidos com alta carga orgânica, estes podendo

representar até 30 % quando da aplicação de fermentação seca contínua ou fermentação úmida.

Esta tendência de emprego das tecnologias de fermentação seca foi reforçada em artigo técnico publicado em revista especializada do setor Müll und Abfall de janeiro de 2014:

> *In Germany 63 plants are in operation, 46 with dry and 17 with wet Technologies. The 46 dry plants are divided into 23 continuously and 23 discontinuously (bathwise) procedures. The dominance of the dry processes is reflected necessarily in one and two-step procedures because two-step processes are limited to wet processes… The highest net electricity yield is generated by dry continuous processes. Despite the lower own energy requirement dry discontinuous method does not achieve these benefits. The thermophilic process results in all methods to significantly higher methane yields*[2]. (FRICKE; HEUSSNER; HUTTNER; TURK; PEREIRA; BAUER; BIDLINGMAIER, 2014, p. 21)

Assim entendemos que a rota tecnológica escolhida como tratamento mecânico e biológico onde as intervenções biológicas se darão em uma primeira fase de forma mais simples como reciclagem e compostagem e em uma segunda fase na forma fermentação seca descontínua, potencializam o resgate e a transformação das frações valorizáveis presentes nos resíduos, gerando subprodutos que podem ser introduzidos na cadeia econômica na forma de energia, composto, recicláveis e biomassa, possuem vantagens evidentes frente às outras formas de tecnologia.

[2] Tradução livre da autora: "Na Alemanha, 63 plantas estão em operação, sendo 46 com tecnologia seca e 17 úmida. As 46 plantas com tecnologia seca estão divididas em 23 de sistema contínuo e 23 descontínuo (batelada). O domínio dos processos secos rementem a procedimentos com uma ou duas fases, pois os procedimentos úmidos estão relacionados aos processos úmidos. O maior rendimento líquido de eletricidade é gerado pelos processos secos contínuos, apesar dos processos secos descontínuos resultarem em um menor consumo de energia. Em todos os sistemas, os processos termofílicos geram uma maior quantidade de metano."

15 Conclusão

A Política Nacional de Resíduos Sólidos desloca o tema resíduo sólido para outro patamar, extrapolando discussões voltadas exclusivamente para formas de disposição final em aterros, funcionando como um catalisador inicial para a cadeia de resíduos no momento em que incorpora novas práticas de valorização de resíduos. Ao estabelecer metas e prazos, bem como a execução de penalidades em caso de não cumprimento, obrigou o setor a sair de sua zona de conforto, que tinha como marco a presença do aterrista, adotando uma postura mais profissionalizada para fins de diversificação de seu portfólio de serviços prestados.

No momento, a demanda segue concentrada na busca por infraestrutura, tecnologias e sistemas eficazes de gestão, incluindo tanto os aspectos técnico-operacionais, quanto a consolidação de tecnologias adequadas para a implementação e monitoramento das futuras centrais de tratamento. Entretanto, a carência de especialização no mercado, tanto para o desenvolvimento de conceito tecnológico quanto para a gestão de tecnologias, resulta não apenas um entrave técnico na busca por melhores soluções, mas também uma insegurança para a tomada de decisão por parte dos agentes envolvidos seja oriundo do setor privado seja do setor público.

Atualmente no Brasil há pouca presença tecnológica para a promoção da valorização dos resíduos e as práticas existentes são aplicadas em baixa escala, desta forma estamos ainda suscetíveis à importação de tecnologias, porém, deve-se atentar ao fato de que estas tecnologias não podem ser transferidas integralmente, precisando ser adaptadas e absorvidas, com base em nossas características gravimétricas e climáticas, e ainda em nossa capacidade econômica. Portanto, sua simples aquisição e aplicação aos resíduos nacionais – movimento que já vem sendo observado –, apresenta riscos relevantes, na medida em pode ocasionar projetos pouco eficientes, inadequados às exigências ambientais ou ainda com viabilidade econômica comprometida, podendo inclusive gerar a descontinuidade do projeto implementado.

Estamos vivenciando um momento divisor de águas, reconhecimento do mercado, político e da sociedade, tecnologias estrangeiras amadurecidas, demanda nacional por tecnologias de valorização, políticas de proteção e preservação ambiental, inclusão social, todos fatores positivos para o amparo da introdução da gestão sustentável de resíduos sólidos.

Temáticas como a inclusão de catadores, promoção da coleta seletiva e de sistemas de reaproveitamento, a valorização da educação e da comunicação ambiental tornaram-se necessárias na elaboração de planejamentos e políticas públicas das cidades. Nesse sentido, a demonstração da viabilidade da aplicação de soluções voltadas para a proteção dos recursos naturais contribui não somente para a adequação e modernização do sistema de saneamento local, mas, sobretudo, auxilia tecnicamente na busca por um modelo sustentável de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos.

O tomador de decisão deverá avaliar a operacionalidade do sistema, montante de investimento e operação bem como critérios ambientais como odor, vetores, emissões líquidas, entre outros.

O entrelaçamento das demandas de mercado por energia em decorrência da grave crise energética que estamos vivenciando originada da queda bruta do valor do petróleo no mercado internacional combinada aos baixíssimos níveis de reservatório nos estados do Sudeste, sem maiores expectativas de recomposição a curto prazo, faz com que o foco seja direcionado para a busca por fontes alternativas de energia.

Independentemente dos aspectos especulativos do preço do petróleo, as mudanças climáticas transformaram em vilã esta fonte de energia entrando em ênfase a busca por soluções inteligentes que afastem o desperdício, empregando melhor os recursos secundários de forma a preservar os recursos naturais e oferecer alternativas para substituição das fontes tradicionais de energia.

Nossa proposta é oferecer uma rota tecnológica maleável que se adeque a qualquer substrato e as demandas de mercado por subprodutos, podendo ser implantada rapidamente, indo de encontro às premissas legais e ao senso comum de que o aterro não é tratamento e as frações dispostas in natura se decompõe de forma descontrolada resultando na contaminação dos solos e das águas, emissões de gases de efeito estufa, recalques e fundamentalmente desperdiçando recursos.

No caso em pauta, poderemos contribuir para melhorar nosso planeta através da utilização de tecnologias biológicas que garantam uma gestão adequada das frações mistas e orgânicas, potencializando o aproveitamento dos recicláveis, podendo ainda transformar as frações orgânicas em composto, ou mesmo em biogás e encaminhando para os aterros os rejeitos estabilizados através da decomposição aeróbia.

A abordagem estratégica da legislação brasileira e o uso sustentável dos recursos naturais deve levar a uma melhor eficiência dos recursos e a diminuição dos impactos ambientais gerados pela utilização dos recursos naturais. Para prover eficiência a utilização dos recursos podem ser empregadas a reciclagem dos materiais e a recuperação energética. Através da rota tecnológica desenvolvida para a cidade de Ubatuba que combinará métodos de reciclagem de materiais e energéticos, serão alcançados altos índices de preservação dos recursos naturais e eficiência de recursos em decorrência de sua imediata utilização e geração de receitas extraordinárias.

Referências bibliográficas

Bauer, M., G. Wachtmeister (2009): Entstehung von Formaldehyd in Mager-Gasmotoren, MTZ - Motortechnische Zeitschrift, 7/2009, Volume 70, Issue 7-8, pp 580-587.

BRASIL. Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010a. Regulamenta a Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 23 dez. 2010. p. 1. Seção 1. Edição extra. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm>. Acesso em: 05 fev. 2014.

BRASIL. Lei nº 11.107, de 06 de abril de 2005. Dispõe sobre normas gerais de contratação de consórcios públicos e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 07 abr. 2005, p. 1. Seção 1. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/lei/l11107.htm>. Acesso em: 05 fev. 2014.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 08 jan. 2007, p. 3, Seção 1. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm>. Acesso em: 05 fev. 2014.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010b. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 03 ago. 2010, p. 3, Seção 1. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 05 fev. 2014.

BRASIL, Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT): Segunda comunicação nacional inicial do Brasil à Convenção – Quadro das Nações Unidas sobre mudanças do clima; Brasília, 2010.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia, Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético, Departamento de Desenvolvimento Energético, Coordenação-Geral de Fontes Alternativas: "PROGRAMA DE INCENTIVO ÀS FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA ELÉTRICA – PROINFA", Apresentação em PowerPoint, Janeiro/2009.

BREF (2005): Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU), BVT-Merkblatt über beste verfügbare Techniken der Abfallverbrennung, Europäische Kommission, Brüssel (B).

BRIESE, D., J. GATENA. Die Zukunft der MBA in Deutschland, 2015. Disponível em: <http://www.ingenieur.de/UmweltMagazin/2015/Ausgabe-07-08/Abfall-Recycling/Die-Zukunft-der-MBA-in-Deutschland>. Acesso em: 23.10.2015.

CASTILHOS JR., A. B.; MEDEIROS, P. A.; FIRTA, I. N.; LUPATINI, G.; SILVA, J. D. Principais processos de degradação de resíduos sólidos urbanos. In: CASTILHOS JR., A. B. (Org.). Resíduos Sólidos Urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte. 4. ed. Rio de Janeiro: Rima ABES, 2006.

CASTRO FILHO, B. M.; CAMPOS, E.J.D.; MASCARENHAS JR., A.S.; IKEDA, Y.; LORENZZETTI, J.A.; GARCIA, C.A.E.; MOLLER JR., O.O. Diagnóstico ambiental oceânico e costeiro das regiões Sul e Sudeste do Brasil. São Paulo: FUNDESPA, v.3, p. 04-214, 1994.

DE BAERE, L., MATTHEEUWS, B. Anaerobic digestion in Europe: State of the art. In: 7th International Conference on Organic Resource in the Carbon Economy ORBIT 2010; June 29 July 3; Heraklion, Crete, 2010.

FRICKE, K.; DICHTL, N.; SANTEN, H.; MÜNNICH, K.; BAHR, T.; HILLEBRECHT, K.; SCHULZ, O. Aplicação do tratamento mecânico-biológico de resíduos no Brasil. Guia para uma gestão integrada de resíduos sólidos com a aplicação da técnica de TMB compreendendo disposição em aterros, tratamento de chorume e recuperação de aterros desativados. Finanziert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung. Göttingen, Germany: Hubertus & Co, 2007.

FRICKE, K.; KOLSCH, F.; PFAFF-SIMONEID, W. Verbesserter Klimaschutz bei der Abfallentsorgung in Schwellen- und Entwicklungsländern durch Anpassung des Emissionshandels. Müll und Abfall, Berlin, 3, 2009, p. 104-105. Disponível em: <http://www.MUELLundABFALL.de/MUA.03.2009.104>. Acesso em: 05 fev. 2014.

FRICKE, K. Steigerung der Energieeffizienz in der Verwertung biogener Reststoffe. Bundesministerium, für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit. Braunschweig, Germany: Techische Universitaet Braunschweig, 2013. Endbericht zu Förderprojekt 03 KB 022 (BMU).

FRICKE, K.; PEREIRA, C. Apresentação técnica para módulo gestão de resíduos aplicado no curso de mestrado Engenharia Urbana e Ambiental na PUC-Rio. Universidade Técnica de Braunschweig, 2013.

FRICKE, K.; PEREIRA, C.; LEITE, A.; BAGNATI, M. (Coords.). Gestão Sustentável de Resíduos Sólidos Urbanos: transferência de experiência entre a Alemanha e o Brasil. Braunschweig: Technische Universitaet Braunschweig, 2015.

FRICKE, K.; HEUSSNER, C.; HUTTNER, A.; TURK, T.; BIBLINGMAIER, W. Neue Wege zur Prozessoptimierung in Biosanlagen. [S.l.]: Energetische Biomassenutzung, 2013. (Schriftenreihe des BMU-Förderprogramms, band 11).

FRICKE, K.; HEUSSNER, C.; HUTTNER, A.; TURK, T.; PEREIRA, C.; BAUER, W.; BIDLINGMAIER, W. Vergärung von bio-und grünabfällen. Teil 1: Ausbaupotenzial bei der Vergärung von bio-und grünabfällen. Müll und Abfall, Berlin, 12, 2013, p. 628-635. Disponível em: <http://www.MUELLundABFALL.de/MA.12.2013.636>. Acesso em: 05 fev. 2014.

FRICKE, K.; HEUSSNER, C.; HUTTNER, A.; TURK, T.; PEREIRA, C.; BAUER, W.; BIDLINGMAIER, W. Vergärung von bio-und grünabfällen. Teil 2: Status quo der Bio- und Grünabfallvergärung. Müll und Abfall, Berlin, 1, 2014, p. 21-27. Disponível em: <http://www.MUELLundABFALL.de/MA.01.2014.021>. Acesso em: 05 fev. 2014.

Heberlein, J., A. Murphy (2008): Thermal Plasma Waste Treatment. Topical review. Journal of Physics: Applied Physics. 053001. Jg., 2008, Nr. 41.

Helsen, L., A. Bosmans (2010): Waste-to-Energy through thermochemical processes: matching waste with process1st Int. Symposium on Enhanced Landfill Mining, Houthalen-Helchteren.

PEREIRA, C.; BENVENUTO, C.; LINDNER, R. (Coords.). Relatório Ambiental Preliminar: Parque de Valorização de Resíduos, Prefeitura Municipal de São Sebastião, São Paulo. 2006. Volume I. Memorial Descritivo.

PEREIRA, Christiane Dias. Rota tecnológica para a gestão sustentável de resíduos sólidos domiciliares. 2014. Trabalho de conclusão de curso (Especialização) – Curso de Pós-Graduação em Direito Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

Quicker, P., F. Neuerburg, Y. Noël, A. Huras (2014): Sachstand zu den alternativen Verfahren für die thermische Entsorgung von Abfällen, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen (GER), Sachverständigengutachten für das Bundesministeriu für Umwelt,Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, Berlin, GER.

SCHMIDT, T. Planos de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos: avaliação da arte no Brasil, comparação com a situação na Alemanha e proposições para uma metodologia apropriada. Recife: Ministério do Meio Ambiente, 2005.

SCHMIDT, T. Organic Waste to Energy: Estudo sobre o Aproveitamento Energético da Fração Orgânica dos Resíduos Sólidos Urbanos no Brasil, Tecnologias, Estado da Arte e Perspectivas. Bonn; Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2011. Programa Energia e Meio Ambiente.

Serfass, K.,(2014): Emissionsdaten von HTC – Anlagen: Vortrag beim Arbeitsgruppentreffen zur Richtlinie VDI 3933, Berlin, 13. Februar 2014.

Thomé –Kozmiensky, K. (Hrsg.) (1985): Pyrolyse von Abfällen, EF-Verlag, Berlin.

Thomé –Kozmiensky, K. (Hrsg.) (1994): Thermische AbfallbehandlungEF-Verlag, Berlin.

Vaccani, A.C. (2014): Internationale Märkte für alternative Verfahren und Strategien der wichtigsten Marktteilnehmer, Vortrag Berliner Abfallwirtschafts- und Energiekonferenz, 28. Januar 2014.

Warnecke, R., M. Erz (1991): Pyrolyseatlas – Überblick über Verfahren zur pyrolytischen Abfallbehandlung, Universität Duisburg, Fachbereich Maschinenbau, Fachgebiet Thermodynamik, Duisburg.

ZEHNDER, A. J. B., SVENSSON, B. H. Life without oxygen: what can and what cannot? Experientia, v. 42, n. 11-12, p. 1197-1205, dez. 1986. DOI: 10.1007/BF01946391.

PARTE 3

PLANO TECNOLÓGICO





Sumário - PARTE 3

16 INTRODUÇÃO 204

17 JUSTIFICATIVAS 205

18 POTENCIALIDADE TECNOLÓGICA DOS RESÍDUOS 206

18.1 ANÁLISE DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE CDR 206

18.1.1 INTRODUÇÃO 206

18.1.2 ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA 206

18.1.2.1 POTENCIALIDADE GRAVIMÉTRICA E GRANULOMÉTRICA 207

18.1.2.2 POTENCIALIDADE ANALÍTICA 211

18.1.2.3 UMIDADE 213

18.1.2.4 METAIS PESADOS 214

18.1.3 CONCLUSÃO SOBRE O POTENCIAL DE CDR 215

18.2 ANÁLISE DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE COMPOSTO 216

18.2.1 INTRODUÇÃO 216

18.2.2 ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA 217

18.2.2.1 POTENCIALIDADE GRAVIMÉTRICA E GRANULOMÉTRICA 217

18.2.2.2 UMIDADE 219

18.2.2.3 PERDA POR IGNIÇÃO 220

18.2.2.4 METAIS PESADOS 221

18.2.3 CONCLUSÃO SOBRE O POTENCIAL DE COMPOSTO 223

18.3 ANÁLISE DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE RECICLÁVEIS 224

18.3.1 INTRODUÇÃO 224

18.3.2 ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA 226

18.3.3 CONCLUSÃO SOBRE O POTENCIAL DE RECICLÁVEIS 228

18.4 ANÁLISE DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE BIOGÁS 229

18.4.1 INTRODUÇÃO 229

18.4.2 ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA 230

18.5 ANÁLISE DO POTENCIAL DE ESTABILIZAÇÃO 232

18.5.1 INTRODUÇÃO 232

18.5.2 ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA 233

19 DIRETRIZES TÉCNICAS PARA O DIMENSIONAMENTO 235

20 PROJETO CONCEITUAL 237

20.1 DESCRITO TECNOLÓGICO 239

20.1.1 PÁTIO DE DESCARREGAMENTO 239

20.1.2 TRATAMENTO MECÂNICO 240

20.1.3 BIODIGESTÃO 241

20.1.4 ESTABILIZAÇÃO AERÓBIA 241

20.2 BALANÇO DE MASSA 244

20.2.1 FASE 01 – TMB AERÓBIO (TÚNEIS) 244

20.2.2 FASE 02 – TMB ANAERÓBIO E AERÓBIO (TÚNEIS) 245

21 ANÁLISE ECONÔMICA 246

21.1 FASE 01 – TMB AERÓBIO (TÚNEIS) – 80.000 T/A 246

21.2 FASE 02 – TMB ANAERÓBIO E AERÓBIO (TÚNEIS) 247

22 INDICADORES DE PERFORMANCE 250

23 ANÁLISE DE MERCADO PARA SUBPRODUTOS 252

24 INTERVENÇÕES SUSTENTÁVEIS 254

24.1 CAPACITAÇÃO PÚBLICO INTERNO 254

24.2 CAPACITAÇÃO PÚBLICO EXTERNO 254

24.3 FORMAÇÃO DE PARCERIAS 255

25 CONTRIBUIÇÃO PARA A PROTEÇÃO AMBIENTAL E PRESERVAÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS 256

25.1 CONTRIBUIÇÃO PARA A PROTEÇÃO DOS RECURSOS NATURAIS 256

25.2 CONTRIBUIÇÃO PARA A PROTEÇÃO DO CLIMA 257

25.3 CONTRIBUIÇÃO PARA AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS 258

26 PROJETO DE VALORIZAÇÃO DE CURTO PRAZO 259

26.1 IMPLANTAÇÃO DE ECOPONTOS 260

26.2 OTIMIZAÇÃO DE TRIAGEM DE RECICLÁVEIS ORIUNDOS DA COLETA SELETIVA 267

26.3 COMPOSTAGEM DE VERDES, DE RESÍDUOS DA PESCA, DE RESÍDUOS DE FEIRAS E DE COCOS 271

26.4 RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL 275

27 CONCLUSÕES 278

ANEXO 1 – LICENÇA PRÉVIA DE INSTALAÇÃO 280

ANEXO 2 – LICENÇA DE OPERAÇÃO 288

ANEXO 3 – CARACTERIZAÇÃO DOS SETORES DA COLETA TRADICIONAL 297

16 Introdução

Os atuais marcos legais que retratam a gestão de resíduos definem premissas que deverão ser tomadas como referência durante o desenvolvimento do conceito tecnológico, tais como: gestão compartilhada, minimização de resíduos, coleta seletiva, educação ambiental e o tratamento dos resíduos sólidos tendo como parâmetro balizador a diminuição dos rejeitos que serão encaminhados à disposição final.

Estes fatores orientadores visam além de reduzir o impacto ambiental direto da disposição final na forma de emissões líquidas e gasosas, também gerar uma economia circular que valorize os recursos secundários em detrimento dos recursos primários, preservando assim o meio ambiente para as próximas gerações e reduzindo custos de manutenção posterior após encerramento dos aterros sanitários.

Portanto o binômio preservação dos recursos primários e a mitigação dos impactos ambientais passou a reger a nova ordem econômica da gestão de resíduos, promovendo a sustentabilidade e inclusão social.

A cidade de Ubatuba se destaca por sua privilegiada característica geográfica onde prevalecem a biodiversidade costeira e marinha de extrema importância para a manutenção dos sistemas ambientais, sendo esta região um dos maiores remanescentes de mata atlântica e ecossistemas costeiros preservados do país.

A acelerada e desordenada ocupação e uso das áreas litorâneas tem aumentado o número de ameaças à sua conservação, ampliando as ameaças antrópicas. Intensificando os impactos ambientais temos ainda um intenso fluxo turístico, com uma população que apesar de buscar seu conforto em sua vultuosa geografia, fauna e flora, tem baixo comprometimento com a cidade, fazendo com que o poder público assuma o desafio de concentrar seus esforços de conscientização em uma população que permanece curtos períodos na cidade.

17 Justificativas

Paralelamente as obrigatoriedades firmados pelos termos da lei, o mercado tem buscado soluções alternativas para o destino sustentável de resíduos, considerado hoje o principal gargalo do processo de gestão de resíduos sólidos no Brasil. Nesse contexto, vem se destacando a concepção de plantas de tratamento, que se configuram em um conjunto de tecnologias integradas capazes de promover o gerenciamento completo dos diversos tipos resíduos, evitando a poluição e minimizando os impactos ambientais e sociais.

Durante o desenvolvimento dos estudos foram identificadas e avaliadas uma série de tecnologias segundo seus impactos ambientais, operacionais e econômicos. O cruzamento de suas complexidades apontaram pela priorização das tecnologias mecânico-biológico na forma de triagem de recicláveis e valorização da fração orgânica na forma aeróbia com o intuito de gerar composto mas também de estabilizar biologicamente estas frações reduzindo significativamente massa e impactos ambientais.

Tecnologias de fermentação apesar de oferecerem a possibilidade de recuperação energética sofrem seriamente influência dos preços praticados para o mercado de fontes energéticas alternativas, não podendo ser apontadas atualmente como uma solução apropriada no momento em que não encontramos o reconhecimento do mercado que permita precificações condizentes ao volume de investimento e custos de operação. O sucesso da recuperação energética está diretamente relacionado com políticas públicas que fixem subsídios para as fontes alternativas de energia, impulsionando assim esse novo mercado.

De qualquer forma, durante o desenvolvimento deste conceito tecnológico estaremos abordando 3 fases sendo a primeira voltada para ações de curto prazo, uma segunda com estabilização biológica e triagem de recicláveis e uma terceira onde será introduzida uma planta de recuperação energética na forma de tecnologia de biodigestão, com base no entendimento de que no futuro esta forma de geração de energia será mais valorizada pelo mercado em decorrência de novas políticas públicas.

18 Potencialidade tecnológica dos resíduos

18.1 Análise do potencial de geração de CDR

18.1.1 Introdução

Em primeiro lugar da análise de potenciais para um tratamento adequado e adaptado para a composição de resíduos sólidos domiciliares determinado durante a gravimetria, será apresentado o potencial de utilização de material como CDR a partir das frações das maiores classes granulométricas (> 60 mm).

Desta forma, o potencial de recuperação energética depende em primeiro lugar do poder calorífico dos resíduos. O poder calorífico por sua vez depende da composição do resíduo e de sua umidade.

Para além do poder calorífico, é preciso que o resíduo seja conforme aos critérios de aceitação impostos pelo operador da instalação onde se efetuará a recuperação energética. Estes critérios visam controlar a qualidade dos resíduos e impõe por exemplo valores mínimos para o poder calorífico além de valores máximos ou bandas para certos elementos químicos que podem ter impacto no processo de valorização ou suas emissões (p.ex. cloro ou mercúrio num forno de cimenteira). Assim, garante-se que o resíduo poderá ser introduzido no ponto correto para o aproveitamento de sua energia sem criar impactos negativos no processo produtivo, nas emissões ou no produto.

Pode-se concluir que a avaliação do potencial para recuperação energética de RSU é um processo que requer conhecimento detalhado do material bruto, ou seja, uma análise detalhada de sua composição total, mas também da composição de suas diversas frações materiais e granulométricas. Para além disto é um processo interativo pois embasado nesta informação detalhada, diversas opções de tratamento poderão ser concebidas cada qual com resultados e potenciais diferentes.

Finalmente, é importante ressaltar que além dos aspectos de qualidade dos resíduos ou frações que se obterão a partir do pré-tratamento, a quantidade que poderá ser captada também é importante para justificar a viabilidade técnica e econômica do projeto.

18.1.2 Análise quantitativa e qualitativa

Para a análise que segue, os dados coletados na campanha de gravimetria foram reordenados para refletir melhor o potencial de aproveitamento energético em uma cimenteira. A informação detalhada sobre as 24 frações de materiais presentes nas diversas rotas foi simplificada reagrupando as frações nos seguintes 6 grupos (ver Tabela 18-1):

- 'CDR': Frações potencialmente com alto poder calorífico e assim as mais interessantes para a produção de CDR;
- 'PVC': PVC que tem potencial energético mas é indesejado no processo de clinquerização por seu alto teor de cloro;
- 'Metais': Ferrosos e não ferrosos, que será mais interessante separar para reciclagem do que enviar à cimenteira;
- 'Inertes': Minerais em geral, sua quantidade é importante pois reduz o poder calorífico do resíduo e deve ser controlada - os minerais são aptos à serem absorvidos no processo de clinquerização;
- 'Biodegradáveis': Frações mais facilmente biodegradáveis e em geral com alto teor de umidade e baixo PCI, portanto de baixo interesse para produção de CDR;
- 'Rejeitos': Frações indesejadas no processo de clinquerização

Tabela 18-1 – Agrupamento das frações para avaliação do potencial de CDR

Fração	Grupo
papel	CDR
papelão	
tetrapak	
higiênicos	
fraldas	
plástico 2 D	
plástico 3 D	
plástico com alumínio	
madeira	
couro	
borracha	
isopor	
têxtil	

Fração	Grupo
PVC	PVC
metal ferrosos	Metais
metal não ferrosos	
vidro	Inertes
mineral	
orgânico	Biodegradável
verdes	
pilhas e baterias	Rejeitos
rejeitos	
contaminantes	
cabos	

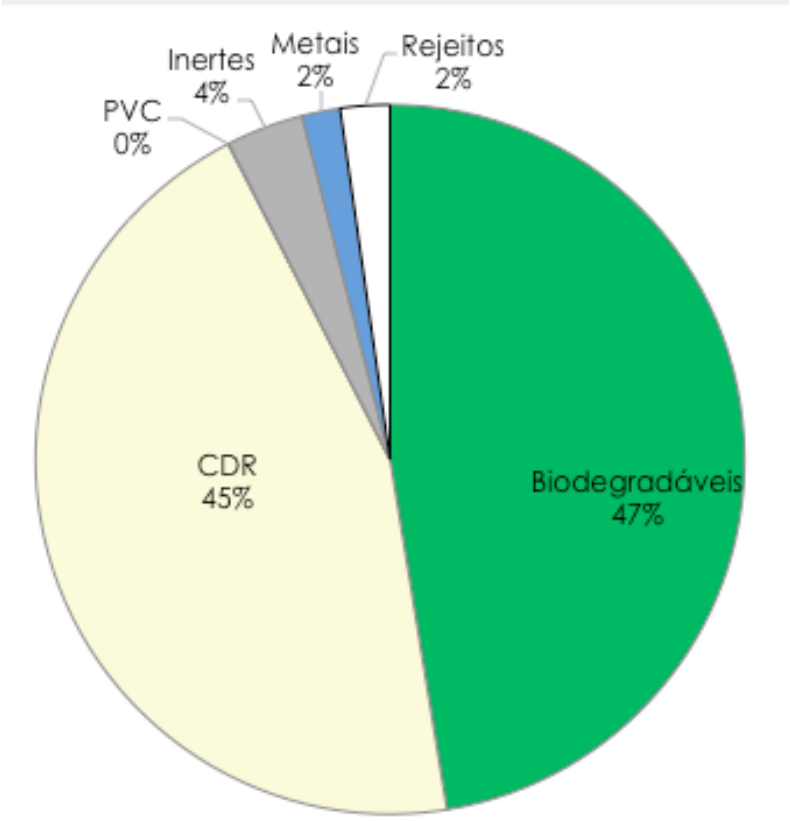
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

18.1.2.1 Potencialidade gravimétrica e granulométrica

Aplicando o agrupamento mencionado acima aos resultados globais da gravimetria, temos que no resíduo bruto da coleta tradicional se encontram 45 % de frações com potencial de serem transformadas em CDR. Este dado em si já merece atenção por indicar alto potencial do RSU em questão para valorização energética. Temos também uma importante quantidade (47 %) de material biodegradável. Por um lado este grupo será a fonte no resíduo bruto da maior parte da umidade. Ao mesmo tempo, é neste grupo que se encontra o material relevante para um eventual processo de bio-secagem, processo que pode aumentar a quantidade de resíduo encaminhado para a valorização energética, tornando o projeto mais interessante. É perti-

nente também notar que apenas 4 % do resíduo bruto está nos grupos 'Metais' e 'Rejeitos' que deverão ser separados antes do envio do material à cimenteira.

Figura 18-1 – Gravimetria global 'reagrupada'



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

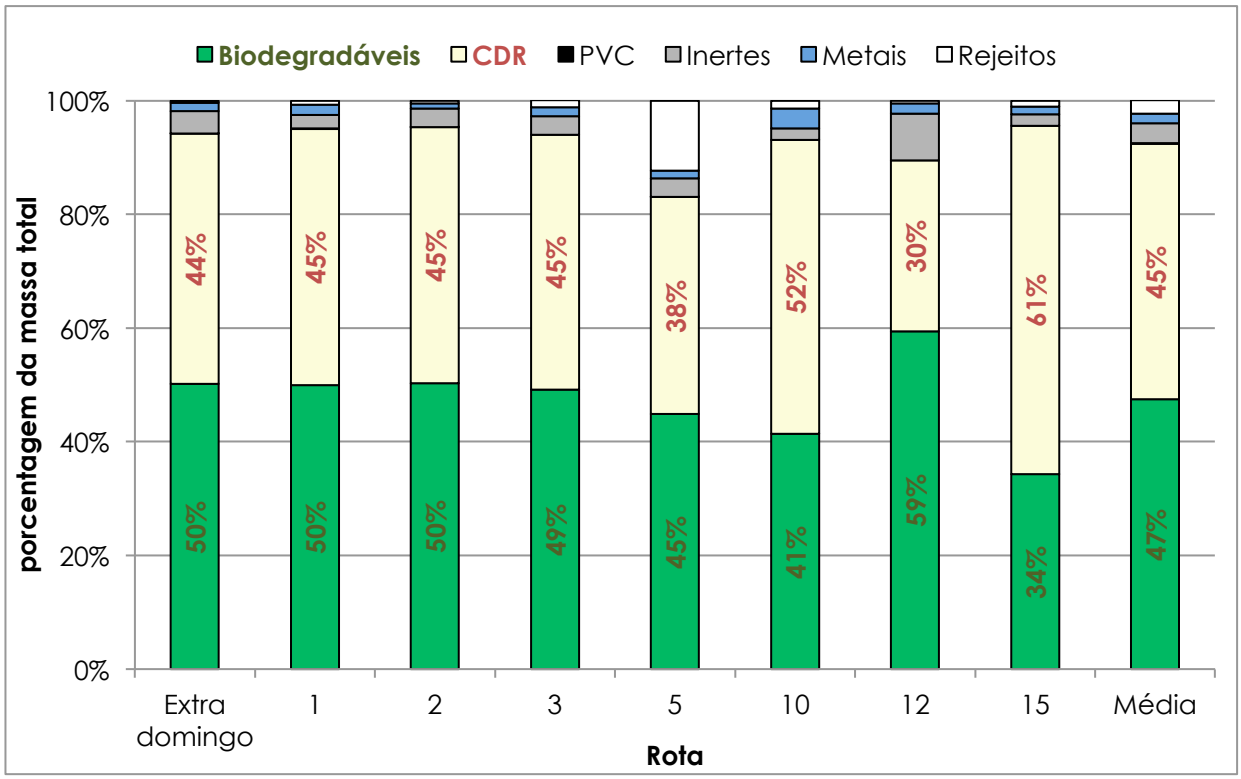
Esta primeira análise indica a presença de 45 % x 40.000 t/a ou seja 18.000 t/a de material com alto potencial para ser transformado em CDR. No entanto, esta estimativa desconsidera a qualidade deste mesmo material que pode não atender aos requerimentos mínimos da cimenteira (p.ex. em termos de umidade ou de PCI), além de supor que é possível uma separação perfeita em um processo industrial das frações que foram separadas manualmente (e portanto com maior precisão) para a granulometria.

Esta estimativa também não considera uma possível bio-secagem do material biodegradável ou de parte dele. Esta é uma via para a produção de quantidades maiores de CDR a partir do mesmo RSU, e no presente caso deverá ser considerada já que é importante a quantidade deste material no RSU bruto.

Uma análise por rota dos grupos (Figura 18-2) revela uma variabilidade na quantidade dos dois mais importantes grupos 'CDR' e 'Biodegradáveis', com um desvio de até 15 % (absolutos) nestes dois grupos. Apesar desta variabilidade, os resultados cap-

tados são confiáveis para a elaboração do conceito técnico, não influenciando significativamente o design operacional da planta.

Figura 18-2 – Caracterização por rota 'reagrupada' CDR

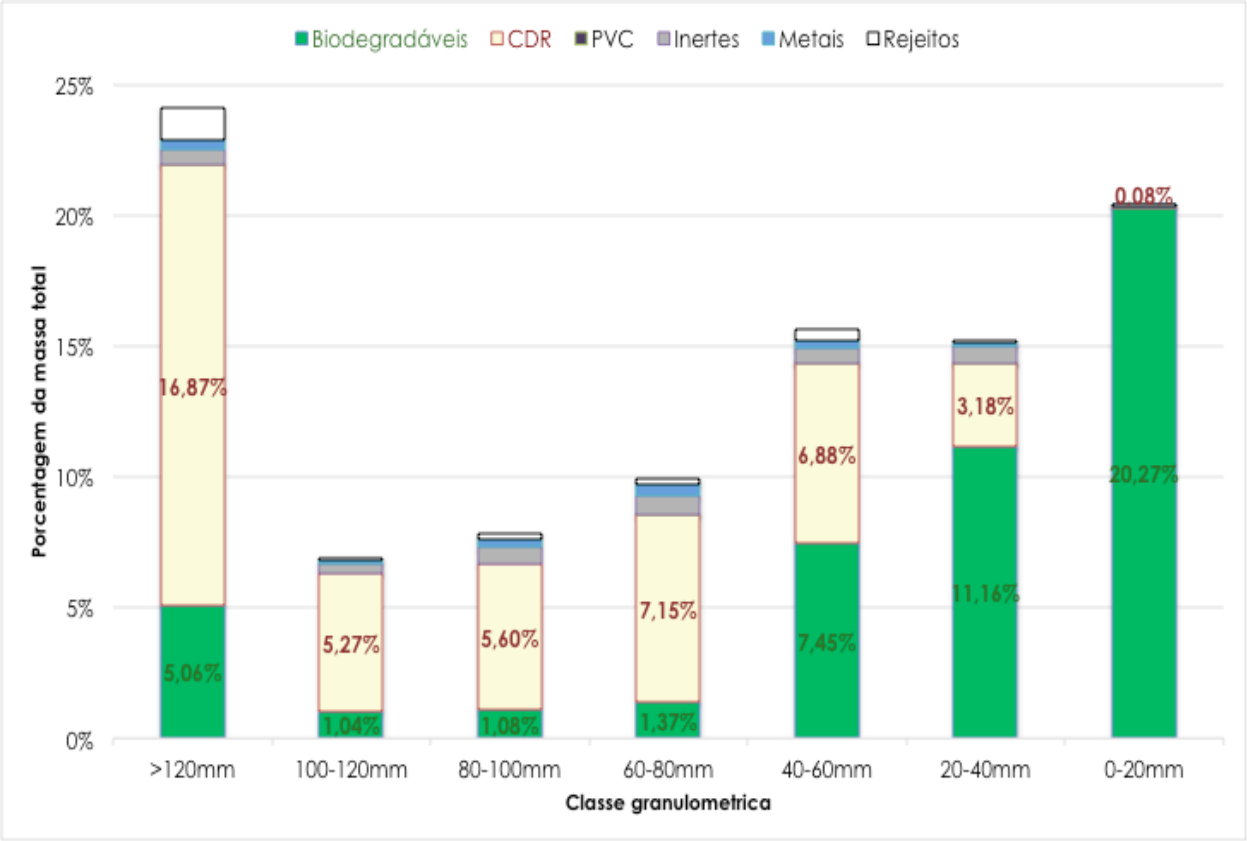


Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Sobressai no entanto ainda uma menor variabilidade na quantidade de 'Inertes', sendo o desvio padrão de 4 % (máximos) numa média de 3,5 %. Esta variabilidade é causada por quantidades mais importantes de minerais na rota 12. No caso da rota 5, a maior parte dos 'Rejeitos' são materiais que se encontram na fração granulométrica > 120 mm, neste caso podemos dispensar esta análise pelo seu desvio frente aos resultados captados nas demais rotas.

Explorando finalmente a repartição dos grupos mencionados conforme a classe granulométrica, obtemos a Figura 18-3. Os materiais com potencial de serem transformados em CDR encontram-se claramente concentrados nas classes de tamanho maior do que 60 mm, enquanto materiais biodegradáveis estão mais concentrados nas classes mais finas. A constatação da acumulação de material com superior potencial para CDR nas classes de tamanho maior está de acordo com dados da literatura que também descrevem tal concentração em RSU de diversas origens.

Figura 18-3 – Caracterização por classe granulométrica 'reagrupada' CDR



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

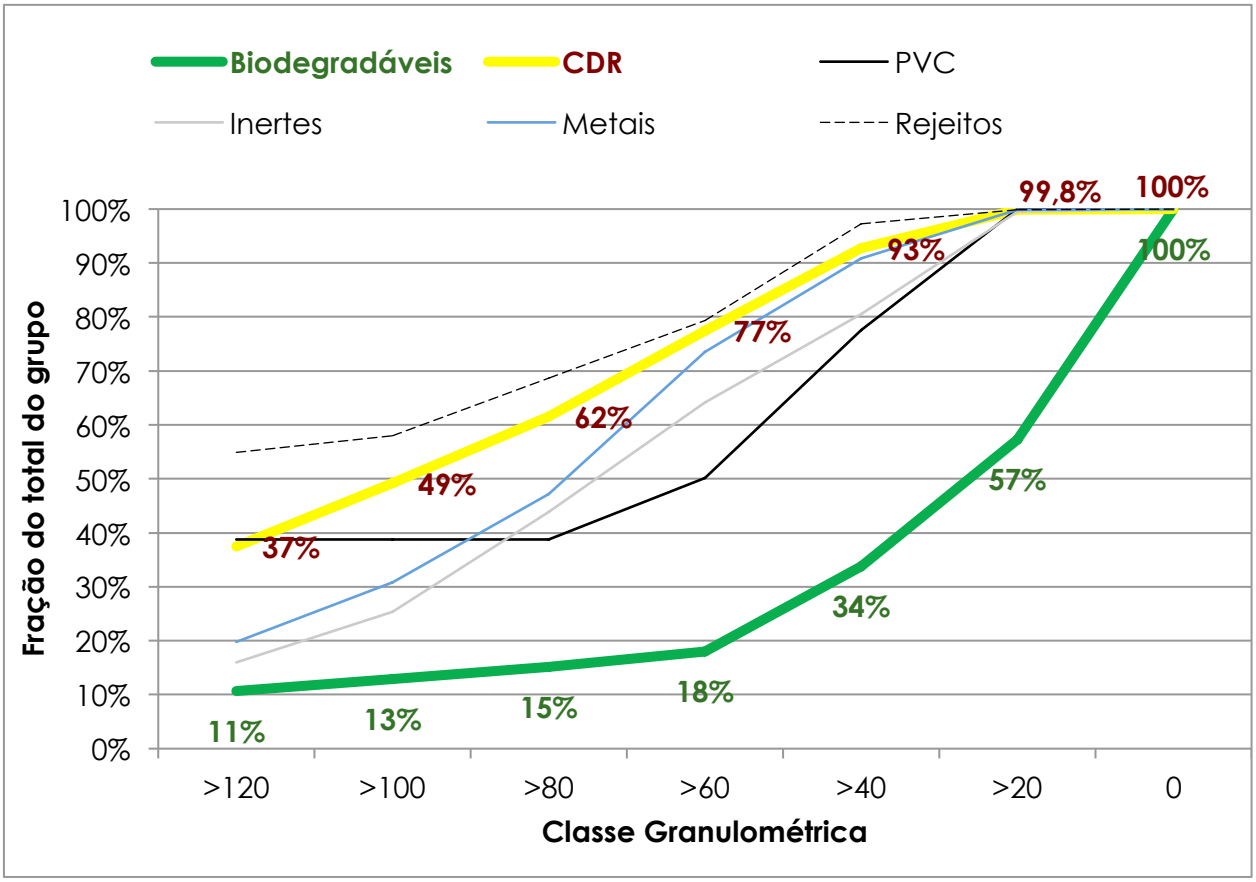
Esta concentração também é importante para orientar a proposta técnica de pré-tratamento: uma primeira etapa de separação granulométrica do resíduo bruto em torno de 60 a 80 mm, permite separar a maior parte do material com alto potencial e encaminhá-lo para a produção de um CDR de alta qualidade num processo de menor complexidade, apenas empregando meios mecânicos.

Esta primeira etapa de separação granulométrica também leva a uma redução no volume de material que potencialmente será processado por biosecagem. Esta redução tem um impacto positivo no projeto de produção de CDR, já que a instalação necessária será menor, reduzindo o custo de investimento. Também vale a pena notar que uma segunda etapa de prétratamento como a biosecagem pode ser instalada em uma fase posterior do projeto.

A Figura 18-4 mostra teoricamente o resultado desta separação. Nesta figura calculamos a porcentagem do total de material em cada grupo retida em uma malha, o que equivale a peneirar teoricamente o resíduo bruto. Por exemplo, peneirando o resíduo bruto com malha de 80 mm, obtemos uma fração > 60 mm na qual se encontra 77 % de todo o material com alto potencial para produção de CDR mas so-

mente 18 % de todos os materiais biodegradáveis. O interesse nesta fração > 60 mm será o PCI melhor do que àquele do resíduo bruto, já que se reduziu a quantidade relativa de biodegradáveis ali presentes e que em geral acarretam a maior parte da umidade.

Figura 18-4 – Peneira teórica por grupo CDR



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

18.1.2.2 POTENCIALIDADE ANALÍTICA

Continuando a análise do potencial de geração de CDR, partiremos da hipótese que o RSU bruto será separado na primeira etapa de tratamento em uma fração maior que 80 mm e outra menor do que este tamanho.

Diversas análises foram efetuadas de acordo com esta hipótese nas frações granulométricas RSU bruto, na fração menor que 80 mm (< 80 mm) e nas frações menores do que 40 mm (< 40 mm e < 20 mm). Na Tabela 18-2 abaixo estão firmadas as especificações analíticas da cimenteira. Os parâmetros analisados estão indicados na Tabela 18-3 abaixo, bem como os quesitos de qualidade fornecidos pelo contratante para a aceitação do resíduo em uma cimenteira.

Tabela 18-2 – Especificações para recebimento e controle de CDR

ESPECIFICAÇÕES PARA RECEBIMENTO E CONTROLE DE CDR Revisão MARÇO/2015						
	Parâmetros	**Unidade**	**CDR Queimador Principal**		**CDR Pré-Calcinador**	
	AMOSTRAGEM POR MALHA DE PENEIRAMENTO					
☼	Poder Calorífico Superior (PCS)	kcal/Kg	≥	5.000	≥	4.500
☼	Poder Calorífico Inferior (PCI)	kcal/Kg	≥	4.000	≥	3.000
☼	Umidade	%		5,0 - 20,0	≤	25,0
	Sólidos totais					
	Sólidos voláteis totais					
☼	Cinzas [Sólidos Totais, em Res. Líqui	%		15	≤	20,0
☼	S	%	≤	1,2	≤	1,2
	Carbono					
	Nitrogenio					
	Hidrogenio					
☼	Cloretos (Cl^-)	%	≤	0,5	≤	0,5
	AMOSTRAGEM BRUTA					
	Cádmio (Cd)	mg/kg		-		-
☼	Mercúrio (Hg)	mg/kg	≤	10,0	≤	10,0
	Tálio (Tl)	mg/kg		-		-
	Arsênio (As)	mg/kg		-		-
	Cobalto (Co)	mg/kg		-		-
	Níquel (Ni)	mg/kg		-		-
☼	Selênio (Se)	mg/kg	≤	100	≤	100
	Telúrio (Te)	mg/kg		-		-
	Antimônio (Sb)	mg/kg		-		-
☼	Cromo (Cr)	mg/kg	≤	3.000	≤	3.000
	Estanho (Sn)	mg/kg		-		-
☼	Chumbo (Pb)	mg/kg	≤	3.000	≤	3.000
	Vanádio (V)	mg/kg		-		-
☼	Bário (Ba)	mg/kg	≤	3.000	≤	3.000
☼	Cobre (Cu) **	mg/kg	≤	3.000	≤	3.000
☼	Manganês (Mn)	mg/kg	≤	10.000	≤	10.000
☼	Cianetos (CN^-)	mg/kg	≤	100	≤	100
☼	Zinco (Zn) **	mg/kg	≤	3.000	≤	3.000
☼	Berílio (Be)	mg/kg	≤	100	≤	100

☼	Critério de Aceitação
☼	Limites estipulados

*	Limite de Detecção ≤ 100 µg
**	Limitado aos resultados do Teste de Queima

Fonte: Contratante, 2015.

O teor de água foi determinada usando amostras das rotas 5, 10, 12 e 15. Os metais pesados foram determinados usando amostras das rotas 5, 10 e 15. Não foram analisados o PCI e PCS (veja Tabela 18-3).

Tabela 18-3 – Parâmetros analisados

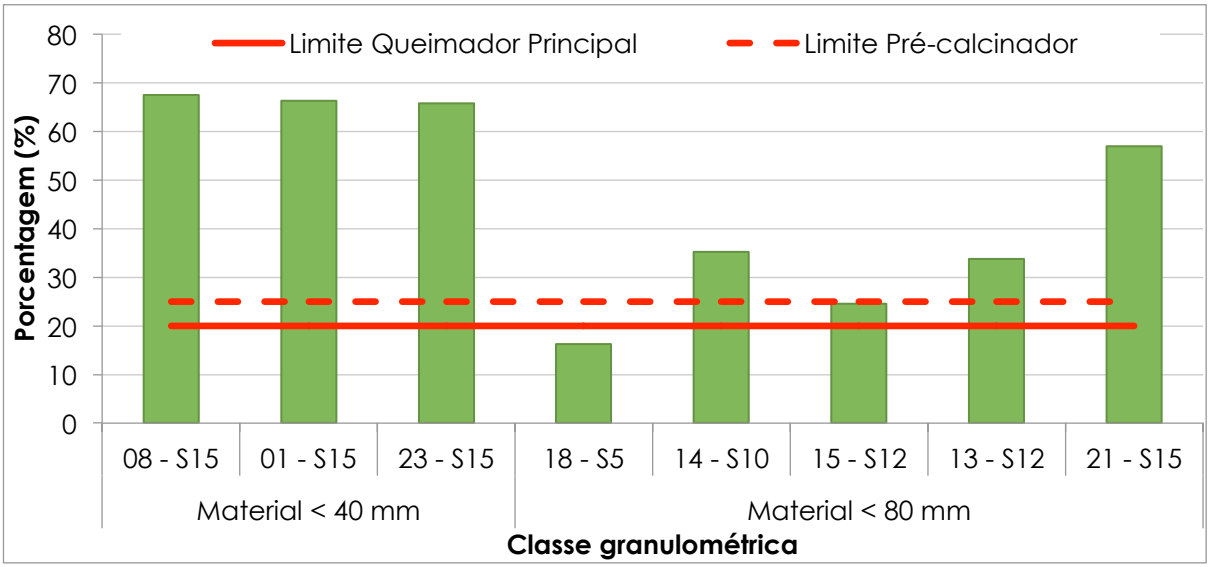
Parâmetros	Unidade	Setor/Rota
Teor de Água	%WS	5, 10, 12 e 15
Perda por Ignição	%	12 e 15
Arsênio	mg/kg	5, 10 e 15
Cádmio	mg/kg	5, 10 e 15
Chumbo	mg/kg	5, 10 e 15
Cromo	mg/kg	5, 10 e 15
Mercúrio	mg/kg	5, 10 e 15
Níquel	mg/kg	5, 10 e 15
Selênio	mg/kg	5, 10 e 15
Cobre	mg/kg	5, 10 e 15
Zinco	mg/kg	5, 10 e 15
Ítrio	mg/kg	5, 10 e 15

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

18.1.2.3 UMIDADE

A Figura 18-5 abaixo mostra a umidade analisada nas classes granulométricas de < 80 mm e < 40 mm. O efeito da separação por peneiramento é visível neste parâmetro, sendo que a umidade da fração < 80 mm é significativamente menor do que a presente no RSU bruto com um máximo de 30 %.

Figura 18-5 – Umidade nas frações granulométricas



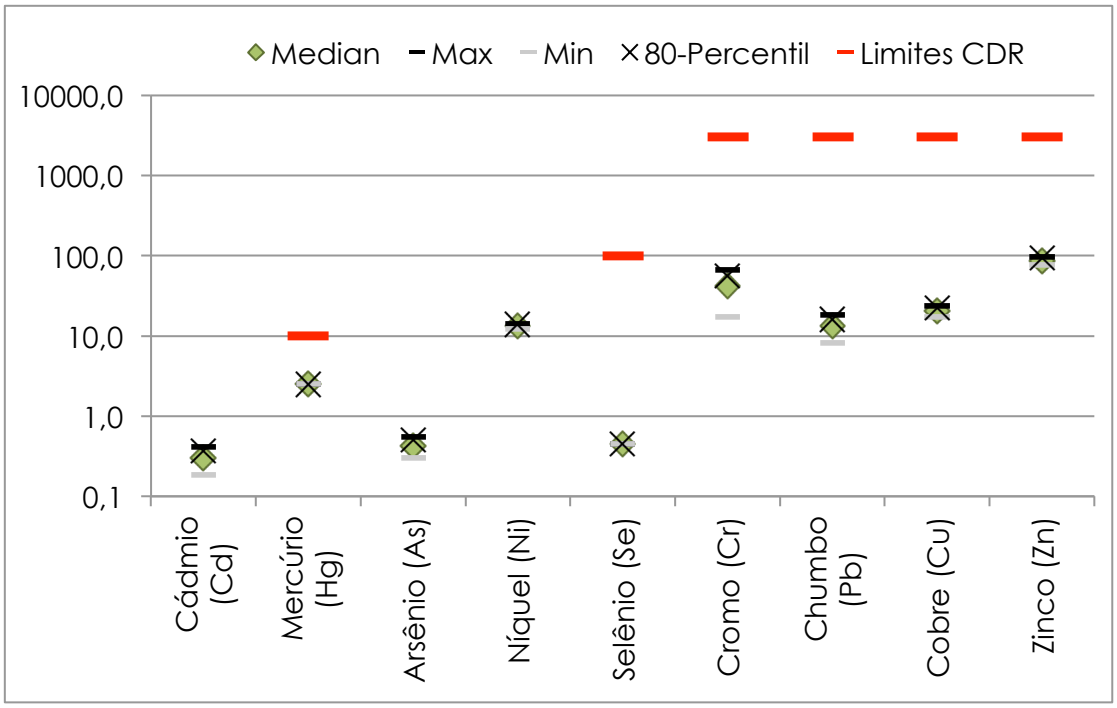
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

18.1.2.4 METAIS PESADOS

Como mostra a Tabela 18-3, levantamos neste projeto uma base de dados sobre o teor de metais pesados nas frações granulométricas que convém comentar em detalhe. As figuras a seguir (Figura 18-6 e Figura 18-7) mostram os resultados. No momento não existem limites dos elementos Cádmio, Arsênio e Níquel, porém há uma sugestão no mercado de CDR para um limite de 50 mg/kg de Cádmio.

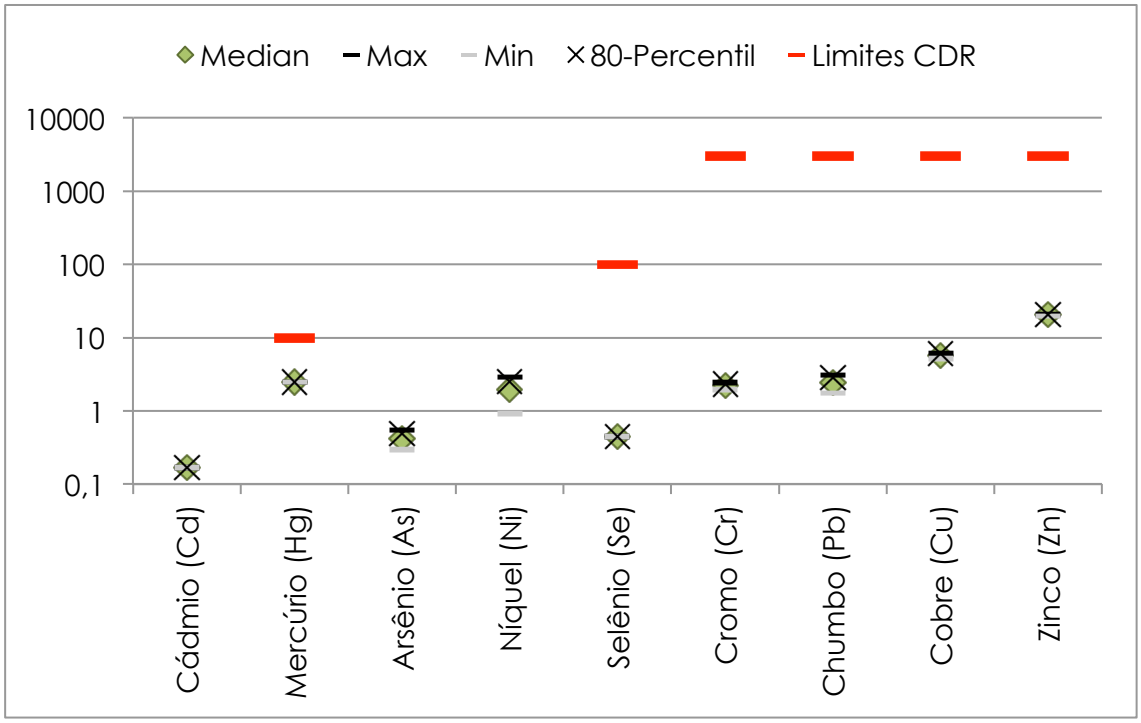
Em primeiro lugar cabe chamar a atenção ao fato de termos resultados que são em geral uma ordem de grandeza menores do que os limites de detecção. Assim sendo, as frações granulométricas < 80 mm e < 40 mm são aceitáveis como CDR em cimenteira.

Figura 18-6 – Metais pesados na fração < 80 mm



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Figura 18-7 – Metais pesados na fração < 40 mm



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

18.1.3 CONCLUSÃO SOBRE O POTENCIAL DE CDR

O RSD de Ubatuba tem alto potencial para a produção de CDR. Como observado na análise dos resultados da gravimetria, este potencial se encontra principalmente nas frações maiores do que 60 mm. Além disso, do ponto de vista da qualidade, as análises realizadas em laboratório apontam para um material conforme aos quesitos para CDR em uma cimenteira. Apesar dos positivos resultados, temos a limitação para escoar o CDR ao mercado, não havendo em um raio de 200 km nenhuma cimenteira apta à substituir sua fonte primária de energia por esta fonte alternativa. Caso em momento futuro, grandes operadores como a PETROBRAS resolver implementar uma planta de força, pode-se apresentar de antemão que os resíduos de Ubatuba terão características para suprir as futuras demandas por combustíveis alternativos.

18.2 ANÁLISE DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE COMPOSTO

18.2.1 INTRODUÇÃO

Após a apresentação da potencialidade de utilização das maiores classes granulométricas (> 60 mm) como CDR e não havendo aplicabilidade das frações orgânicas na forma de biomassa, temos como alternativa seu emprego como composto, porém neste caso deve-se avaliar sua adequação no que se refere a concentração de metais pesados.

As avaliações de metais pesados são justificadas pelos seguintes aspectos:

- Análise da qualidade do composto;
- Análise da presença de metais pesados em diferentes grãos e sua influência na qualidade do produto através do emprego de tecnologias de tratamento apropriadas;
- Geração de dados-base para o planejamento do conceito tecnológico e avaliação de mercado e plano de comunicação.

As análises dos resíduos sólidos domiciliares para compostagem tomaram como base os Anexos III e V – Especificações dos Fertilizantes Orgânicos Mistos e Compostos, Limites máximos de contaminantes admitidos em substrato para plantas e condicionadores de solo e Limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânicos - IN nº 25, de 23 de julho de 2009, e nº 27, de 05 de junho de 2006, e são apresentados nas tabelas Tabela 18-4 e Tabela 18-5.

Os resíduos de origem domiciliar são classificados como Classe C, que são definidos conforme o Art. 6 como produtos que em sua fabricação utilizam qualquer quantidade de matéria-prima oriunda de resíduo domiciliar, resultando em produto de utilização segura na agricultura.

As análises laboratoriais foram realizadas segundo os seguintes parâmetros: umidade e metais pesados. Os outros parâmetros firmados na instrução normativa e apresentados nas tabelas em seguida não foram analisados neste projeto, até porque estes valores limitadores são aplicados para o produto acabado e estão sendo empregados neste relatório como balizadores de uma tomada de decisão tecnológica, remetendo a novas verificações de adequação quando da geração do subproduto.

Tabela 18-4 - Anexo III - Especificações dos Fertilizantes Orgânicos Mistos e Compostos

Garantia	Misto/Composto				Vermicomposto
	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D	Classes A, B, C, D
Umidade (máx.)	50	50	50	70	50
N total (mín.)	0,5				
***Carbono Orgânico**	15 %				10

Garantia	Misto/Composto				Vermicomposto
	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D	Classes A, B, C, D
(mín.)					
***CTC** (1)	Conforme declarado				
pH (mín.)	6,0	6,0	6,5	6,0	6,0
Relação C/N (máx.)	20				14
***Relação CTC/C** (1)	Conforme declarado				
Outros nutrientes	Conforme declarado				

(1) É obrigatória a declaração no processo de registro do produto
*(valores expressos em base seca, umidade determinada a 65 °C)

Fonte: IN nº 25, de 23 de julho de 2009.

Tabela 18-5 - Anexo V - Limites máximos de contaminantes admitidos em fertilizantes orgânico

Contaminante	Valor máximo admitido
Arsênio (mg/kg)	20,00
Cádmio (mg/kg)	3,00
Chumbo (mg/kg)	150,00
Cromo (mg/kg)	200,00
Mercúrio (mg/kg)	1,0
Níquel (mg/kg)	70,00
Selênio (mg/kg)	80,00
Coliformes termotolerantes – número mais provável por grama de matéria seca (NMP/g de MS)	1.000,00
Ovos viáveis de helmintos – número por quatro gramas de sólidos totais (nº em 4g ST)	1,00
***Salmonella* sp**	Ausência em 10 g de matéria seca

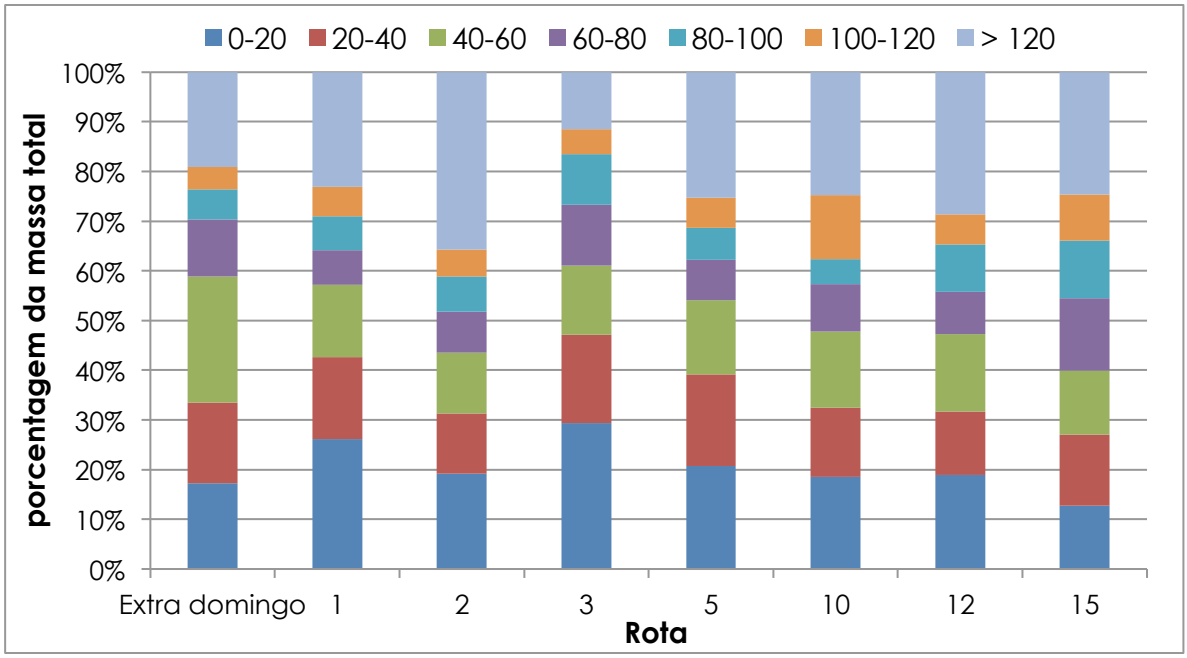
Fonte: IN nº 27, de 05 de junho de 2006.

18.2.2 ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA

18.2.2.1 POTENCIALIDADE GRAVIMÉTRICA E GRANULOMÉTRICA

Na parte 1 deste relatório já foram apresentados os resultados da gravimetria e granulometria, portanto este capítulo somente inclui um resumo com um foco nas menores classes analisadas para o emprego do material como composto. O gráfico na Figura 18-8 apresenta a porcentagem acumulativa por classe granulométrica e por rota, confirmando a maior presença (aproximadamente 70 %) de material nas classes menores do que 60 mm.

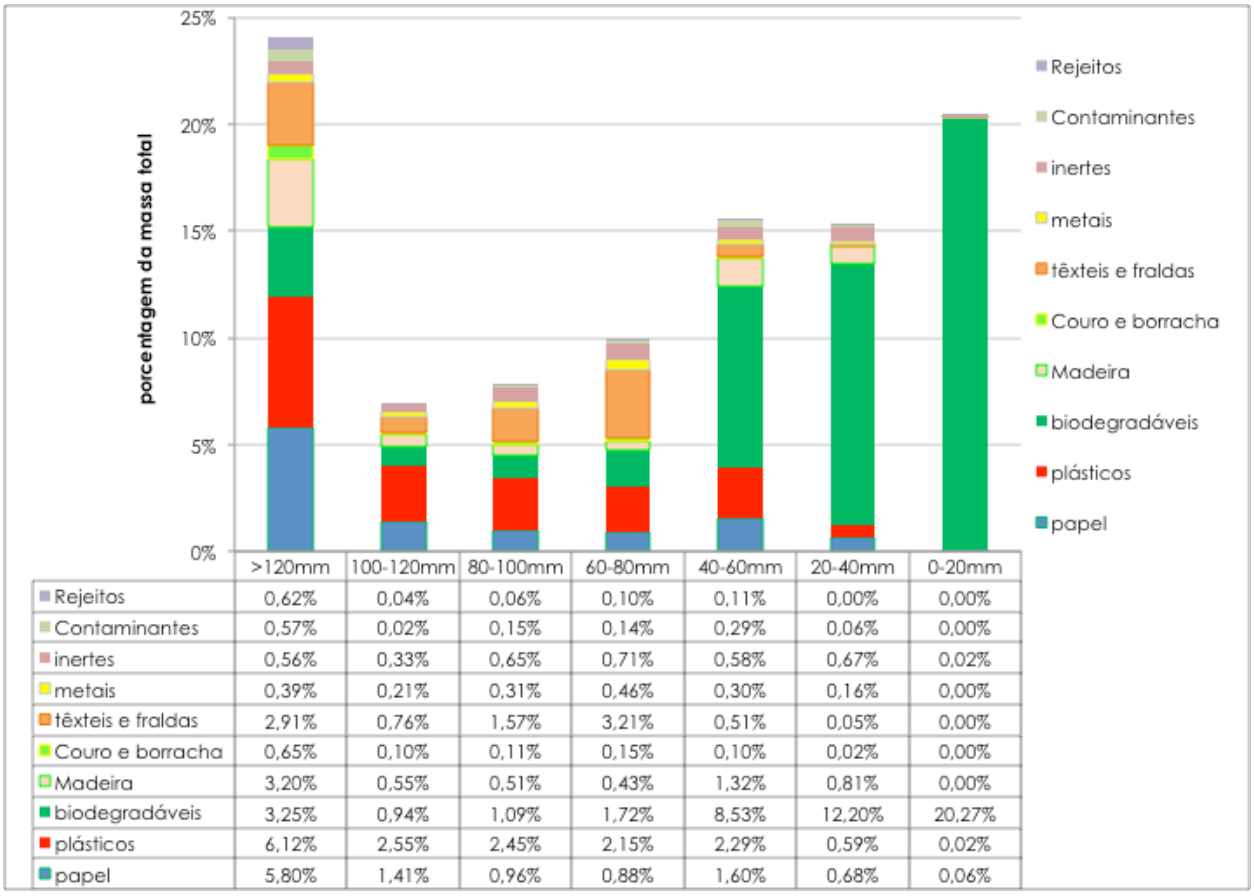
Figura 18-8 – Caracterização granulométrica por rota



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Além disso, a composição gravimétrica por classe granulométrica na Figura 18-9 indica a proporção elevada das frações biodegradáveis (em média 15 %) nas menores classes (< 40 mm).

Figura 18-9 – Caracterização por Granulometria



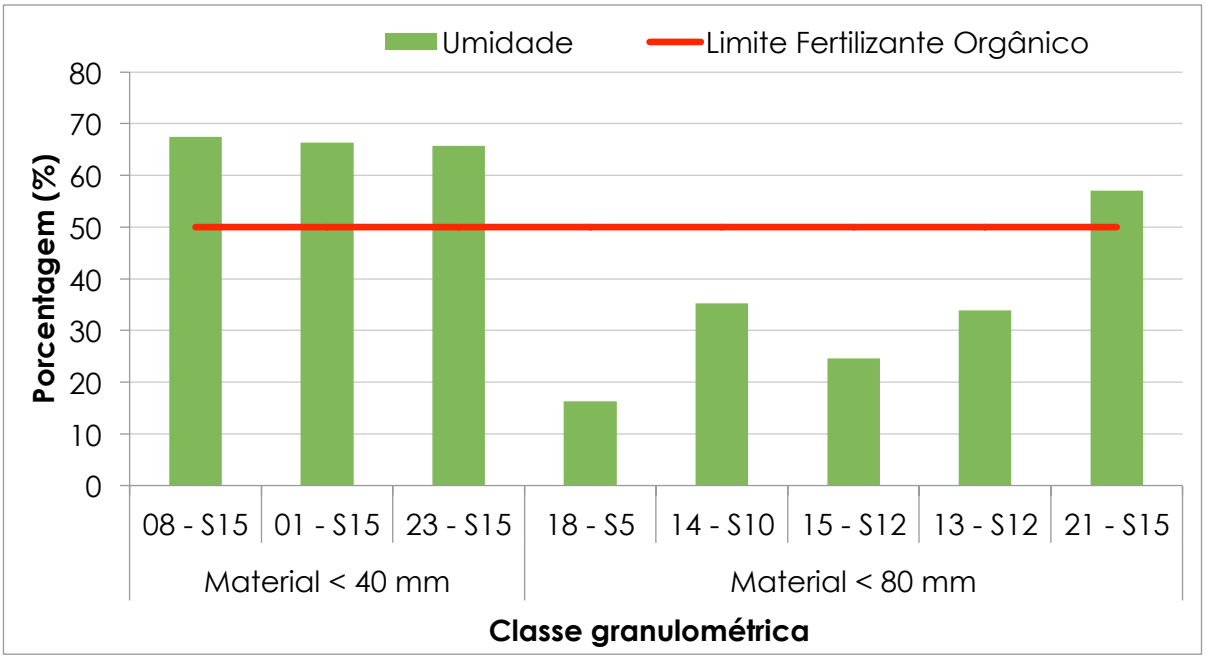
	>120mm	100-120mm	80-100mm	60-80mm	40-60mm	20-40mm	0-20mm
Rejeitos	0,62%	0,04%	0,06%	0,10%	0,11%	0,00%	0,00%
Contaminantes	0,57%	0,02%	0,15%	0,14%	0,29%	0,06%	0,00%
inertes	0,56%	0,33%	0,65%	0,71%	0,58%	0,67%	0,02%
metais	0,39%	0,21%	0,31%	0,46%	0,30%	0,16%	0,00%
têxteis e fraldas	2,91%	0,76%	1,57%	3,21%	0,51%	0,05%	0,00%
Couro e borracha	0,65%	0,10%	0,11%	0,15%	0,10%	0,02%	0,00%
Madeira	3,20%	0,55%	0,51%	0,43%	1,32%	0,81%	0,00%
biodegradáveis	3,25%	0,94%	1,09%	1,72%	8,53%	12,20%	20,27%
plásticos	6,12%	2,55%	2,45%	2,15%	2,29%	0,59%	0,02%
papel	5,80%	1,41%	0,96%	0,88%	1,60%	0,68%	0,06%

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

18.2.2.2 UMIDADE

As especificações dos Fertilizantes Orgânicos Mistos e Compostos demandam um limite máximo de 50 % de umidade nas frações tratadas dos resíduos para fertilizantes orgânicos mistos e compostos. Tendo em conta que aqui são apresentados os resultados das amostras brutas, é de presumir que depois de tratamento os limites vão ser respeitados, principalmente porque as frações importantes excedem a restrição em no máximo 20 % (veja Figura 18-10).

Figura 18-10 – Umidade nas frações granulométricas

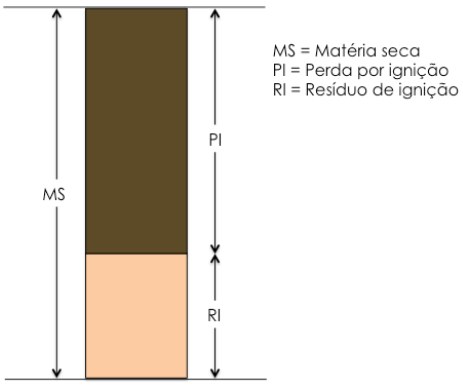


Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

18.2.2.3 Perda por Ignição

A perda por ignição mostra a quantidade de orgânicos e inorgânicos nos resíduos coletados tradicionalmente. O material é aquecido até que os orgânicos queimem e somente as cinzas permaneçam. Tal como é ilustrado na Figura 18-11, a assim chamada perda por ignição (PI) consiste de substâncias orgânicas inflamáveis, onde o resíduo de ignição corresponde a parte de minerais (como por exemplo areia) não inflamáveis.

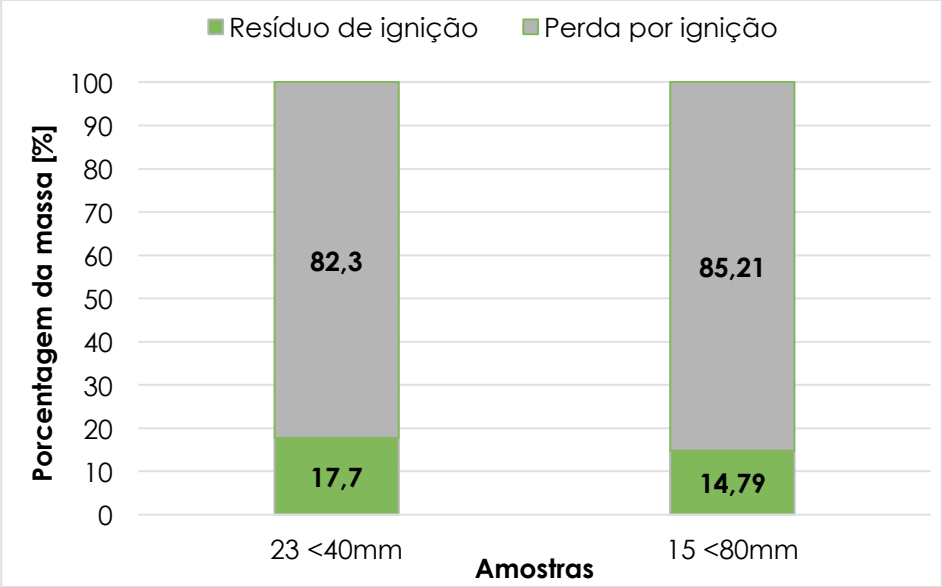
Figura 18-11 – A definição de matéria seca no laboratório



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Na Figura 18-12 os resultados dos análises realizadas em amostras de duas classes < 40 mm e < 80 mm são apresentados. A perda por ignição está determinada com uma porcentagem de > 82 % na classe de < 40 mm e mais que 85 % nas amostras das classes < 80 mm, significando uma alta porção de orgânicos em ambas as classes. Uma diferença importante de 3 % se encontra quando da análise da presença de minerais nas amostras, significando que as amostras em classes menores detêm mais inorgânicos do que em classes maiores.

Figura 18-12 – Perda por ignição



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

18.2.2.4 METAIS PESADOS

Os gráficos presentes nas figuras Figura 18-13 a Figura 18-14 retratam os resultados relacionados ao teor de metais pesados presentes nas amostras, delimitados pelos valores máximos previstos no Anexo IV da IN nº 25 de 2009 do MAPA, apresentados por rota, classe gravimétrica ou granulométrica. Todos os outros possíveis metais pesados foram identificados com valores muito baixos ou abaixo do limite de detecção e por isto não serão avaliados neste relatório. A Tabela 18-6 lista o rol de metais pesados que foram analisados no âmbito deste projeto.

Tabela 18-6 – Lista de metais pesados analisados

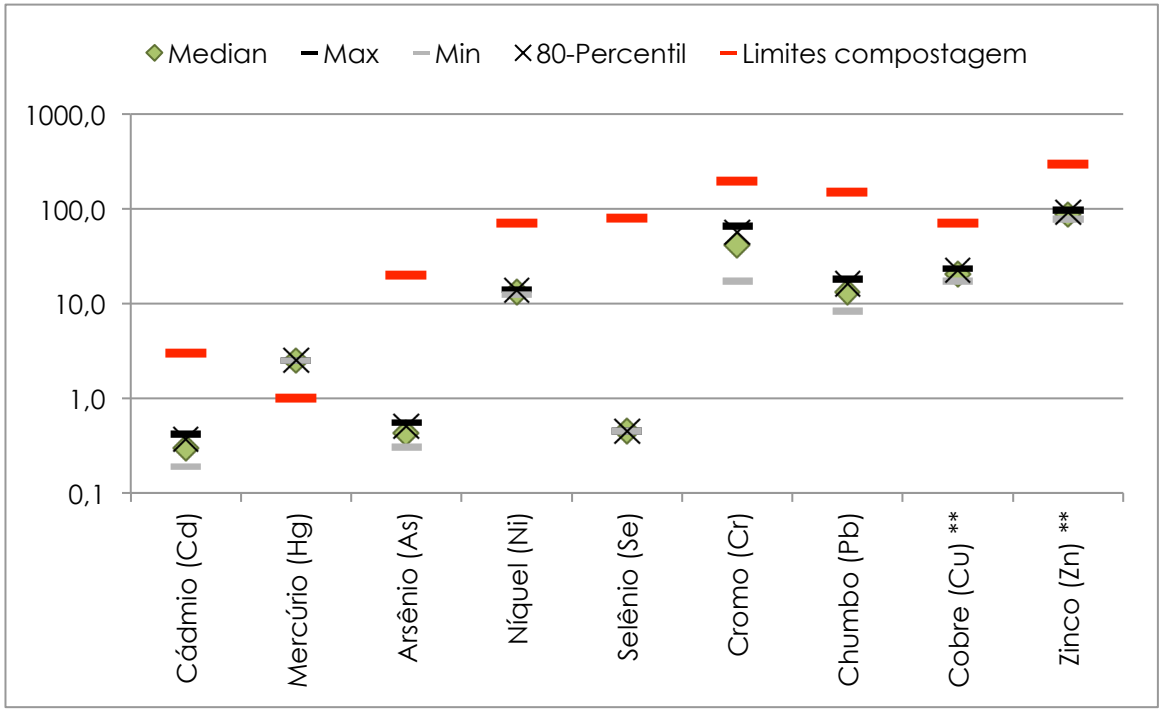
Parâmetros	Unidade
Cádmio (Cd)	mg/kg
Mercúrio (Hg)	mg/kg
Arsênio (As)	mg/kg

Parâmetros	Unidade
Níquel (Ni)	mg/kg
Selênio (Se)	mg/kg
Cromo (Cr)	mg/kg
Chumbo (Pb)	mg/kg
Cobre (Cu)	mg/kg
Zinco (Zn)	mg/kg

Fonte: Contratante, 2015.

Cabe mencionar também que em todas as análises do Mercúrio, elemento sujeito à um limite particularmente restrito de 1 mg/kg, nunca foi observado acima do limite mínimo de detecção, qual neste caso é 5 mg/kg. Portanto, para fins de avaliação foi assumida a metade deste limite nos gráficos em seguida.

Figura 18-13 – Metais pesados na fração < 80 mm



** Limites da Alemanha

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

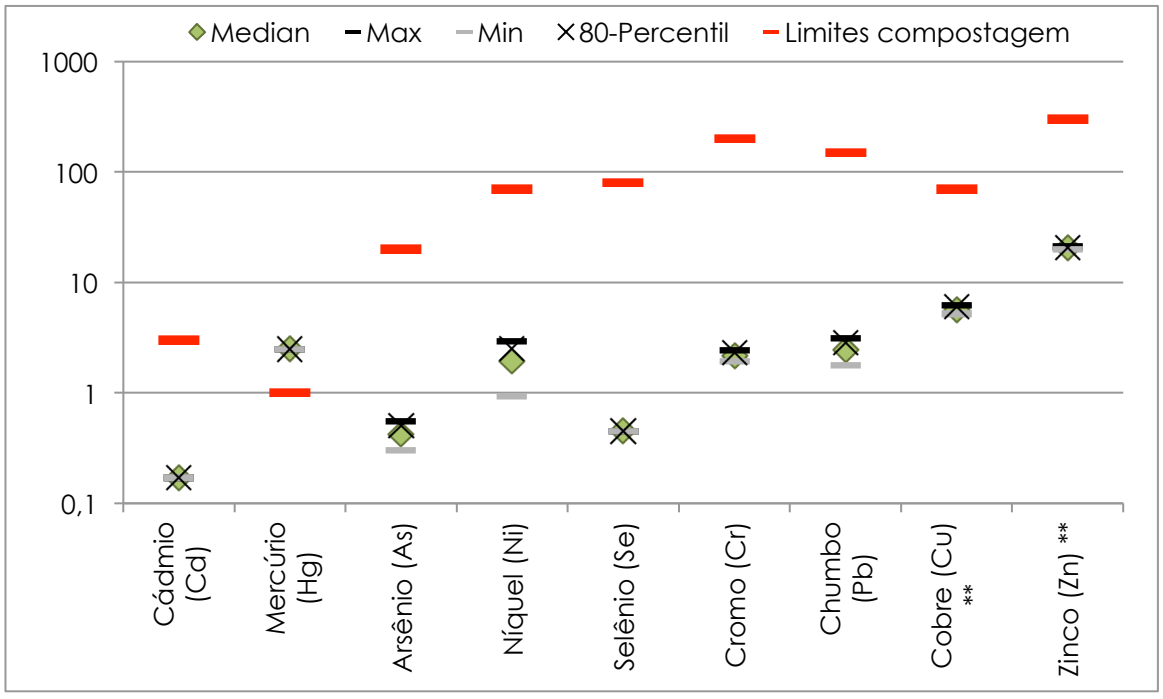
Em suma, o resultado da análise de metais pesados nas amostras de Ubatuba mostra que foram atendidos os limites estabelecidos para fertilizante orgânico. No laboratório o valor de Mercúrio foi abaixo do limite de quantificação de < 5,0 mg/kg e

portanto somente foi avaliado na metade com 2,5 mg/kg. Os demais parâmetros atingiram valores significativamente abaixo dos limites, isto também vale para o Cobre e Zinco.

No que diz respeito a presença de metais pesados temos que nas frações 60-80 mm e também 20-40 mm não foram identificados comprometimento das massas em decorrência deste contaminantes, resultando em alto potencial de seu emprego como composto.

Estas frações representam respectivamente em média entre 10 % e 15 % do RSU bruto, permitindo que uma parte significativa possa ser transformada em composto e as frações restantes serão enquadradas como frações orgânicas estabilizadas biologicamente resultando em menores cargas orgânicas nas emissões líquidas, menores emissões de biogás, menores recalques quando de seu aterramento e maiores densidades de compactação, melhorando a vida útil dos aterros e seu padrão ambiental.

Figura 18-14 – Metais pesados na fração < 40 mm



** Limites da Alemanha

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

18.2.3 CONCLUSÃO SOBRE O POTENCIAL DE COMPOSTO

Após avaliação dos resultados analíticos podemos firmar uma série de observações, tais como:

- Há grande potencial para emprego dos resíduos orgânicos de origem domiciliar na forma de composto, segundo normativa vigente;
- Apesar das frações orgânicas sobressaírem nos grãos < 60 mm ainda há presença de frações secas tais como, plásticos, têxteis, madeiras, entre outras frações, representando cerca de 5-7 % da massa, aproximadamente 2.400 t/a. Esta presença de contaminantes pressupõe um peneiramento eficiente ao término da estabilização biológica para fins de geração de frações menores onde os grãos poderão variar entre 10 e 20 mm, e desta forma afastar estes contaminantes.
- As frações < 40 mm e < 60 mm detêm forte potencial de biodegradabilidade aprox. 32,5 % ou 41 %, respectivamente 13.000 t/a ou 16.400 t/a, devendo ser segregadas e encaminhadas diretamente para o tratamento aeróbio.
- As frações estabilizadas poderão ser empregadas como condicionadores de solo ou mesmo como fertilizante orgânico em dimensões entre 0 < x < 20 mm, isto representa uma massa equivalente a 35 % do total estabilizado.
- Dependendo do tipo de tecnologia aeróbia empregada e do potencial de biodegradabilidade do substrato a perda de massa, decorrente da perda de umidade e da própria decomposição das substâncias orgânicas, variará entre 20-50 % do peso total de massa orgânica.
- Apesar da legislação vigente não definir parâmetros específicos de higienização, quando tratamos de resíduos domiciliares temos firmado na Europa padrões de higienização que relacionam tempo de retenção com uma temperatura equivalente, quais sejam: em sistemas abertos 55 °C durante 14 dias ou 65 °C durante 3 dias e em sistemas fechados 60 °C durante 3 dias.

Em conclusão, com base na norma vigente temos que as análises laboratoriais demonstraram grande potencial de geração de composto com alta qualidade a partir de RSD do Município de Ubatuba. Desta forma, apesar de sua origem mista, quando do emprego de tecnologia adequada de tratamento mecânico será possível não apenas reduzir a massa destinada aos aterros, mas também melhorar seu padrão de qualidade ambiental para fins de compostagem.

18.3 Análise do potencial de geração de recicláveis

18.3.1 Introdução

A base de uma geração e aproveitamento eficiente de materiais recicláveis é a implementação e/ou otimização da coleta seletiva, até porque os materiais detêm baixo potencial de contaminação, simplificando as intervenções mecânicas e garantindo maior qualidade aos subprodutos, portanto potencializando sua aceitação pelo mercado.

Entretanto, durante os últimos anos temos vivenciado uma estagnação na taxa de desvio dos materiais onde o retorno à cadeia produtiva em média nacional dos resíduos triados seletivamente não alcança sequer 2 %, segundo ABRELPE, e cidades com históricos consolidados de coleta seletiva, como Florianópolis que teve seu projeto piloto implementado em 1983, também não avançam no sentido de melhorar estes índices.

Com base nestas considerações podemos eleger duas verdades absolutas:

a) Resíduos coletados seletivamente alcançam maior valor agregado no mercado a partir de sistemas simplificados de triagem, entretanto a escala de produção é limitada.
b) Resíduos coletados de forma mista terão menor valor de comercialização, maior complexidade tecnológica para segregação, porém maiores taxas de desvio.

Considerando que a coleta seletiva realizada pela Prefeitura Municipal de Ubatuba, alcança índices de *comercialização* de recicláveis na ordem de 0,4 % em relação ao RSD gerado no município, com taxas de rejeitos em torno de 40-60 %, entendemos que há potencial de otimização tanto da coleta a partir de programas de sensibilização da comunidade quanto da triagem a partir da modernização da linha de triagem. Contudo, estas intervenções não irão garantir fluxos de massa mais significativos.

Visando aumentar os índices de reciclagem de materiais é necessário então partir para o aproveitamento das frações de origem mistas onde plantas bem automatizadas poderão alcançar taxas de desvio na ordem de 20 % e plantas menos automatizadas cerca de 8 %, tendo como base de cálculo os 30 % de frações potencialmente recicláveis presentes na coleta tradicional.

No que concerne a inclusão social, temos que o município iniciou no segundo semestre de 2015, 23 de agosto de 2015, um programa de fomento ao cooperativismo onde apoio a formação da ASSOCIAÇÃO DE RECICLAGEM DO COCO VERDE E CATADORES DE MATERIAIS RECICLAVEIS DE UBATUBA- COCO E CIA (CNPJ: 23.275.919/0001-93) que contempla 15 pessoas para fins de valorização e comercialização dos resíduos recicláveis oriundos da coleta seletiva. A associação é composto por catadores, faxineiras e motoristas de caminhão e recebeu uma permissão ao uso de uma área pública de 500 m^2 do Município com o seguinte equipamento para tratamento de matérias recicláveis: 1 caminhão compactador, 2 prensas e 1 carrinho elevatório.

18.3.2 ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA

A análise de resíduos sólidos deste projeto demostrou a quantidade e qualidade dos resíduos gerados em Ubatuba. Com base nestes dados foi possível apurar estimativas de rendimentos e valores para os materiais recicláveis decorrentes da coleta tradicional, e desta forma identificados como material misto e ainda àqueles decorrentes da coleta seletiva.

Portanto, com base na média gravimétrica foram desenvolvidas as tabelas Tabela 18-7 a Tabela 18-9 que retratam os rendimentos potenciais de recicláveis gerados a partir de plantas com alta e baixa automatização.

A massa total da coleta tradicional atual de Ubatuba é estimada por 40.000 t/a, do qual nesta análise foi determinada uma porcentagem de 30 % de materiais recicláveis. É por esse motivo que o quantitativo de rendimentos a partir dos recicláveis presentes na coleta indiferenciada está calculado na base 14.000 t/a bem como foi considerado o potencial de rendimento de segregação de cada fração.

A complexidade tecnológica da planta determinará as taxas de desvios, assim plantas mais complexas alcançarão desvios na ordem de 21 % da massa potencialmente reciclável (cerca de 30 % da massa bruta) e com menos automatização cerca de 8,5 %, resultando em massas acumuladas para comercialização, respectivamente, 2.968 t/a e 1.196 t/a.

Tabela 18-7- Estimativa de rendimento por quantidade de recicláveis em material misto, base alta automatização

Média gravimétrica	100 % resíduos recicláveis	Peso	> automatização	peso triado	R$ / t (base 03.2015)	R$ / a
Quantidade em t por ano	**14.000**					
Papel	9,40 %	1316	30 %	395	R$ 70	R$ 27.636,00
Papelão	20,70 %	2898	35 %	1014	R$ 290	R$ 294.147,00
Tetrapak	2,70 %	378	70 %	265	R$ 200	R$ 52.920,00
Plásticos	3,70 %	518	30 %	155	R$ 950	R$ 147.630,00
PEAD	2,40 %	316	30 %	95	R$ 1.300	R$ 123.232,20
PVC	0,90 %	7	30 %	2	R$ 350	R$ 696,19
PET	5,00 %	62	30 %	19	R$ 1.850	R$ 34.412,55
PET-OLEO	0,40 %	5	30 %	1	R$ 600	R$ 811,19
BOPP	2,00 %	21	30 %	6	R$ 300	R$ 1.934,73
COLORIDO.PS	23,00 %	5	30 %	1	R$ 400	R$ 540,79
BRANCO.PS	6,50 %	15	30 %	4	R$ 1.000	R$ 4.413,36
PP	1,70 %	76	30 %	23	R$ 800	R$ 18.324,77
Isopor	0,60 %	84	30 %	25	R$ 500	R$ 12.600,00
Metais	5,40 %	756	75 %	567	R$ 320	R$ 181.440,00

Média gravi-métrica	100 % resíduos recicláveis	Peso	> auto-matiza-ção	peso triado	R$ / t (base 03.2015)	R$ / a
Vidro	8,90 %	1246	25 %	312	R$ 150	R$ 46.725,00
Alumínio	0,50 %	70	75 %	53	R$ 3.500	R$ 183.750,00
Cabos	0,30 %	42	75 %	32	R$ 2.500	R$ 78.750,00
Rejeitos	6,00 %	840	-	-	-	-
	100 %		**21,2 %**	**2.968**		**R$ 1.209.963,78**

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Tabela 18-8 - Estimativa de rendimento por quantidade de recicláveis em material misto, base baixa automatização

Média gravi-métrica	100 % resíduos recicláveis	Peso	< auto-matiza-ção	peso triado	R$/t (base 03.2015)	R$ /a
Quantidade em t por ano	**14.000**					
Papel	9,40 %	1316	7,5 %	98	R$ 70	R$ 6.909,00
Papelão	20,70 %	2898	8,75 %	253	R$ 290	R$ 73.536,75
Tetrapak	2,70 %	378	17,5 %	66	R$ 200	R$ 13.230,00
Plásticos	3,70 %	518	17,5	90,7	R$ 950	R$ 86.117,50
PEAD	2,40 %	336	8 %	25	R$ 1.300	R$ 32.760,00
PVC	0,90 %	126	8 %	9	R$ 350	R$ 3.307,50
PET	5,00 %	700	8 %	52	R$ 1.850	R$ 97.125,00
PET-OLEO	0,40 %	56	8 %	4	R$ 600	R$ 2.520,00
BOPP	2,00 %	280	8 %	21	R$ 300	R$ 6.300,00
COLORIDO.PS	23,00 %	3220	8 %	241	R$ 400	R$ 96.600,00
BRANCO.PS	6,50 %	910	8 %	68	R$ 1.000	R$ 68.250,00
PP	1,70 %	238	8 %	17	R$ 800	R$ 14.280,00
Isopor	0,60 %	84	8 %	6	R$ 500	R$ 3.150,00
Metais	5,40 %	756	18,75 %	141	R$ 320	R$ 45.360,00
Vidro	8,90 %	1246	6,25 %	77	R$ 150	R$ 11.681,25
Alumínio	0,50 %	70	18,75 %	13	R$ 3.500	R$ 45.937,50
Cabos	0,30 %	42	18,75 %	7	R$ 2.500	R$ 19.687,50
Rejeitos	6,00 %	840	-	-	-	-
	100 %		**8,54 %**	**1.196**		**R$ 626.752,00**

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

A coleta seletiva em Ubatuba é realizada 5 vezes por semana totalizando uma coleta média de 1 tonelada diária, abrangendo 28 dos 50 bairros no município (bair-

ros, praias e vilas), dos quais temos uma porcentagem variando entre 40-60 % de rejeitos. Considerando que este potencial de coleta é extremamente baixo, torna-se um desafio importante prover otimização e melhoramento da coleta seletiva. Desta forma, propomos a ampliação do programa para que se obtenha entre 8-10 t/d, resultando assim uma base mínima de recicláveis para processamento captados de forma diferenciada na ordem de 2.000 toneladas anuais, ou 8 toneladas diárias. Esse valor apesar de muito superior ao praticado atualmente é de possível realização, principalmente quando tomamos como base a geração de resíduos captados pela coleta tradicional na ordem de 90-170 t/d, dependendo da temporada. Assim, uma geração de recicláveis na ordem de 8 a 10 % da massa mista pode ser estimado certamente (veja Tabela 18-9).

Considerando a integralidade e a pureza dos resíduos coletados seletivamente, temos que mesmo com baixa automatização ainda é possível obter uma eficiência de 49,6 % de triagem e um rendimento de R$ 490.035,60 na base de 2000 toneladas por ano. Em comparação, o material reciclável da coleta tradicional alcança uma renda similar mas com uma quantidade de material bruto seis vezes maior.

Tabela 18-9 - Estimativa de rendimento por quantidade de recicláveis da coleta seletiva, base baixa automatização

Média gravimétrica	100 % resíduos	Peso	< automatização	Peso triado	R$/t (base 03.2015)	R$/a
Quantidade em t por ano	**2000**					
Papel e papelão	26,7 %	534	60 %	320	R$ 174	R$ 55.791,29
Tetrapak	1,30 %	26	60 %	25	R$ 300	R$ 4.659,58
Plásticos	9,80 %	196	60 %	118	R$ 1.290	R$ 152.061,20
Aparas	7,50 %	150	60 %	90	R$ 900	R$ 81.112,74
Metais	8,90 %	178	60 %	106	R$ 1.365	R$ 145.670,45
Vidro	28,4 %	568	60 %	341	R$ 150	R$ 51.150,52
Restos/Rejeitos	17,4 %	348	-	-	-	-
Total	**100 %**		**49,56 %**	**991,20**		**R$ 490.035,60**

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

18.3.3 Conclusão sobre o potencial de recicláveis

Analisando os valores das tabelas apresentadas, há grande potencial de aproveitamento dos materiais recicláveis, tanto daqueles coletados seletivamente quanto dos coletados de forma mista. Não há como afastar a máxima quanto aos teores de pureza dos materiais coletados seletivamente e em decorrência disto temos uma segregação simplificada e maiores valores de comercialização, entretanto ainda não se

vislumbra em médio prazo um incremento significativo dos resultados da coleta seletiva.

Portanto, entendemos que as investidas na forma de coleta seletiva deverão ter continuidade buscando sempre sensibilizar a comunidade no que diz respeito aos efeitos da mesma. Em contraposição, também não há como afastar a realidade da presença significativa de recicláveis na coleta tradicional, e para captar estes resíduos serão necessárias implementações de plantas de tratamento mecânico mais complexas onde os materiais segregados terão menor valor agregado, porém resultarão em grandes quantidades.

Em relação a inclusão social e considerando que a associação já tem sua formação institucionalizada, atendendo assim as formalidades legais, entendemos como pertinente durante a fase de planejamento a elaboração de um estudo de viabilidade de inclusão desta mão-de-obra no novo sistema de gestão de resíduos, seja atuando exclusivamente com os resíduos oriundos da coleta seletiva seja participando da segregação dos resíduos oriundos da coleta indiferenciada, colaborando na segregação/triagem e/ou comercialização.

18.4 ANÁLISE DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE BIOGÁS

18.4.1 INTRODUÇÃO

A geração de biogás, com base de degradação anaeróbia, é realizada sob condições herméticas, produzindo uma redução de biomassa que varia entre 10-30 % dependendo de processo de fermentação seca ou úmida.

Desta forma, diferentes matérias-primas biodegradáveis produzem rendimentos de biogás diferentes e, dependendo da sua composição, um gás com conteúdo de metano variável, como é mostrado na Tabela 18-10 abaixo.

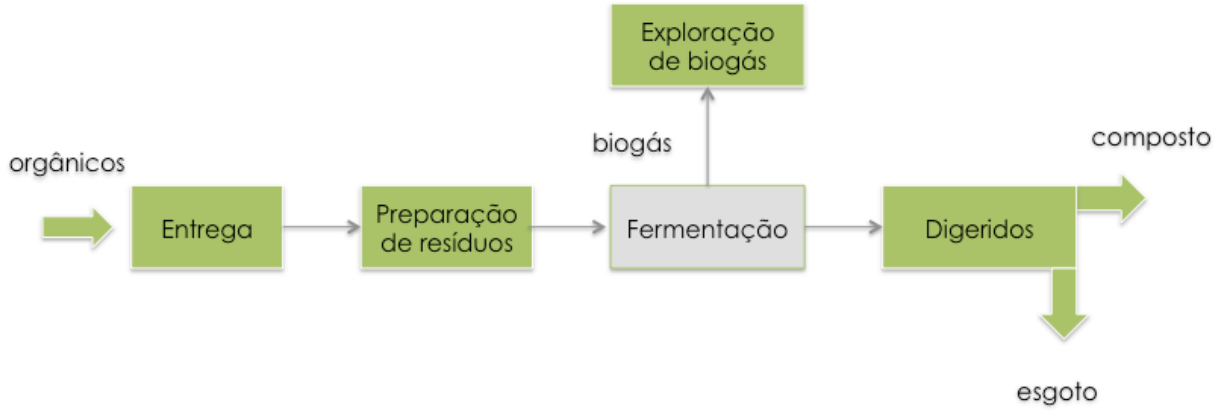
Tabela 18-10 - Rendimento de gás dependendo da composição de substrato

Substrato	Rendimento de gás
	m^3/Mg substrato
Esterco bovino	25
Estrume de porco	36
Beterraba forrageira	95
Silagem de milho	190
Azevém	110
Resíduos de cozinha	240
Gordura usada	800

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

O processo geral de geração de biogás está apresentado na Figura 18-15.

Figura 18-15 - Geral processo de geração de biogás

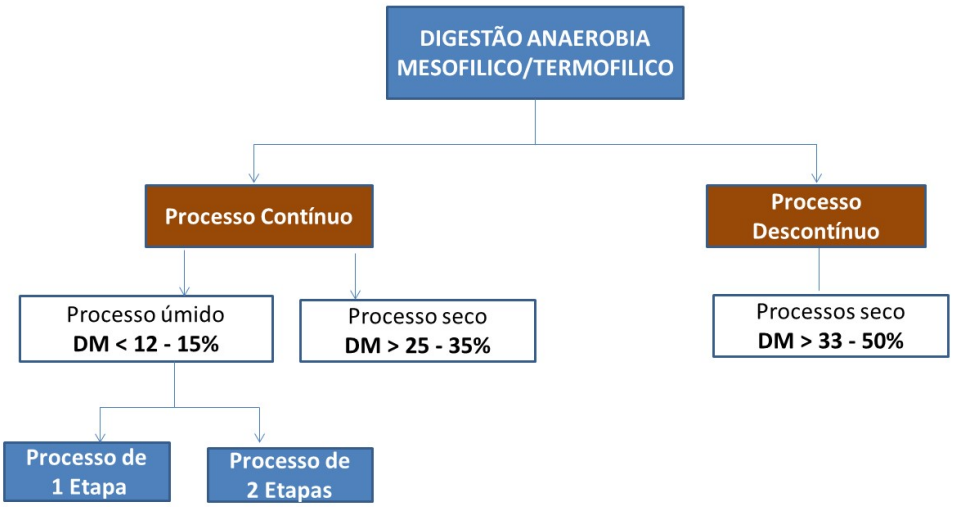


Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

18.4.2 ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA

O processo de uma adequada fermentação segue vários requisitos básicos e fatores influenciadores, como por exemplo substâncias com altas concentrações de metano e portanto melhor qualidade de biogás (Tabela 18-11), a umidade da massa orgânica (ideal > 50 %), um valor de pH entre 6,6-8 e uma temperatura maior de 30 °C. A Figura 18-6 demonstra tecnologias e processos anaeróbios atuais no mercado de fermentação.

Figura 18-16 - Tecnologias e processos anaeróbios – biodigestão



Fonte: TU Braunschweig, 2013.

Como a Figura 18-10 nos capítulos anteriores demonstrou, a umidade da massa nas classes < 40 mm alcança valores maiores de 60 %. Ou seja, está de acordo com os processos secos.

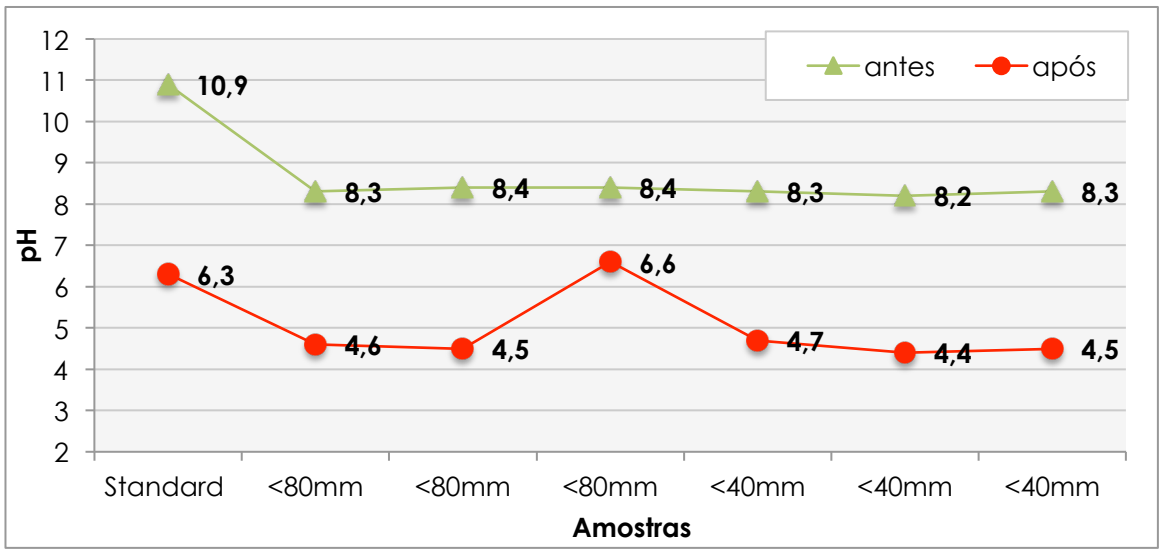
Tabela 18-11 - Qualidade de biogás dependendo da composição de substrato

Substâncias	Biogás produção	Concentração de metano	Poder calorífico
	l/kg oTS$_{zug}$	Vol-%	kWh/m^3
Carboidrato	700 – 830	50 – 55	5,0 – 5,5
Proteína	700 – 900	70 – 75	7,0 – 7,5
Gorduras	1.000 – 1.400	68 – 73	6,8 – 7,3
Resíduos orgânicos	350 – 500	55 – 68	5,5 – 6,8
Recursos renováveis	500 -700	50 – 62	5,0 – 6,2

Fonte: Regulamento de plantas de biogás, 2013.

Os valores de pH ideal são em meio ácido entre 5,2 – 6,3 para o primeiro nível de hidrólise/acidificação e entre 6,7 – 7,5 em segundo nível para uma produção de metano com sucesso. A Figura 18-17 mostra os resultados obtidos no começo e também após das análises, variando entre ambiente alcalina e ácido até bem ácido ao término dos ensaios. Em comparação com a amostra padrão "Standard", os valores das amostras analisadas são inferiores, porém isto é fato comum e também desejável para a produção de biogás. Não existe uma diferença significativa entre as frações maiores e menores analisadas.

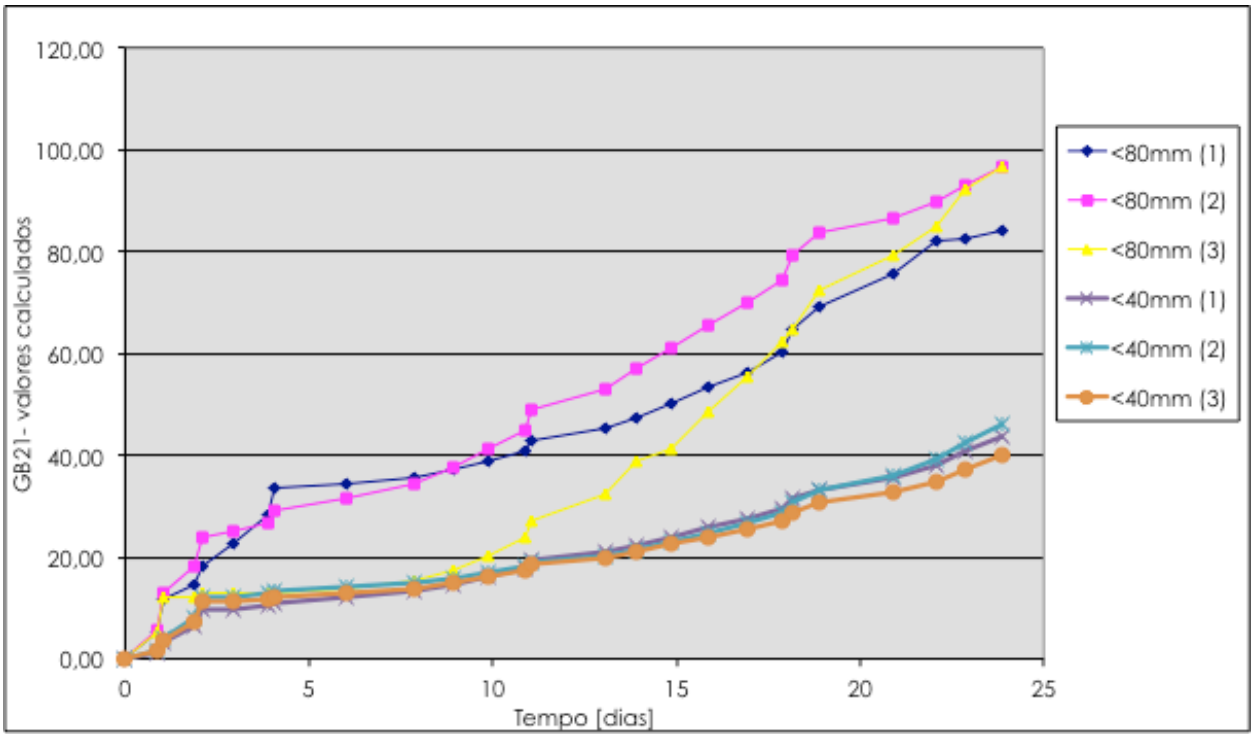
Figura 18-17 – Resultados de valores pH das amostras no começo e no fim das análises



Fonte: Laboratório do CREED Jundiaí, 2015.

Analisando os resultados de GB_{21} das seis amostras de < 80 mm e < 40 mm, podemos determinar que as frações maiores produzem valores bem superiores do que as amostras das menores frações, alcançando aproximadamente 90 Nl/kg MS depois de 21 dias, em que as menores frações somente chegam a aproximadamente 40 Nl/kg MS (Figura 18-18).

Figura 18-18 – Resultados laboratoriais de GB_{21}



Fonte: Laboratório do CREED Jundiaí, 2015.

18.5 Análise do potencial de estabilização

18.5.1 Introdução

Ao contrário da degradação anaeróbia para a produção de biogás, a estabilização aeróbia é baseada na degradação da massa orgânica com um fornecimento de ar e assim uma maior redução de biomassa.

Com o objetivo de reduzir as emissões associadas com a formação de gases e percolados no aterro é necessário uma estabilização aeróbia e/ou anaeróbia dos resíduos a fins de garantir uma baixa atividade biológica na massa destinada ao aterramento. Desta forma, os parâmetros GB_{21} e AT_4 foram analisados no laboratório do CREED em Jundiaí, SP. A identificação do teor de matéria orgânica que é micro biologicamente degradável foi determinada, sendo que esta influência a formação de biogás nos aterros.

O GB_{21} é um teste de fermentação que define a formação de biogás durante um período de mínimo 21 dias sob condições anaeróbias. Este ensaio é executado na base da norma DIN 38414 com material peneirado e esmagado a < 10 mm e uma temperatura de 35 °C.

No ensaio de AT_4, um teste de atividade respiratória, o consumo de oxigênio biológico em mínimo de quatro dias é determinado. Geralmente, a amostra úmida é triturado em grãos < 10 mm e a atividade respiratória é medida a uma temperatura de 20 °C.

18.5.2 ANÁLISE QUANTITATIVA E QUALITATIVA

Na Alemanha existem normas e regulações bem como limites para o tratamento dos resíduos sólidos urbanos antes do aterramento (veja Tabela 18-12).

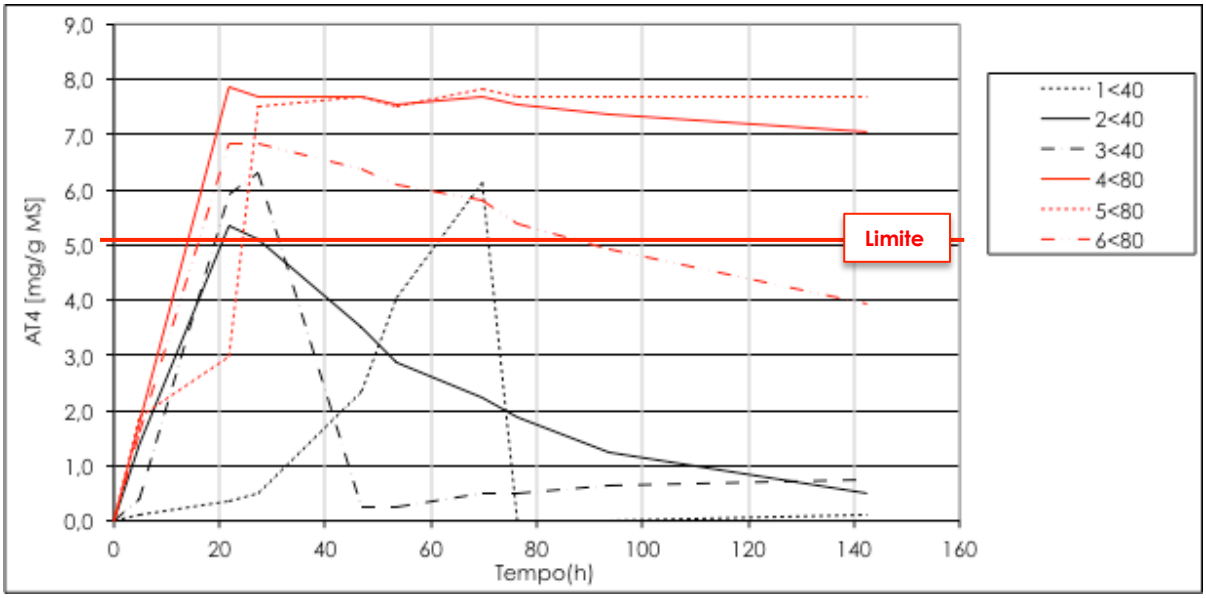
Tabela 18-12 – Limites de AT_4 e GB_{21} no material destinado a aterro

Parâmetro	Valor limite
AT_4	5 mg O_2/g MS
GB_{21}	20 Nl/kg MS

Fonte: Regulamento de aterramento de resíduos (Anexo 2 e 4), 2001.

Em seguida, os resultados da estabilização dos resíduos a partir de um tratamento de TMB para os parâmetros AT_4 e GB_{21} são apresentados (Figura 18-19 e Figura 18-20). Em geral, os primeiros valores conforme o limite de 5 mg O_2/g MS estão alcançados depois de um período de menos de 40 horas das duas menores frações (No. 2 e 3) e depois quase 80 horas da terceira amostra (No. 1). As amostras das maiores frações mostram bem diferentes resultados, com uma grande atividade e produção de oxigênio ainda depois 140 horas, com uma exceção da amostra 6, a qual diminui a atividade depois de aproximadamente 90 horas.

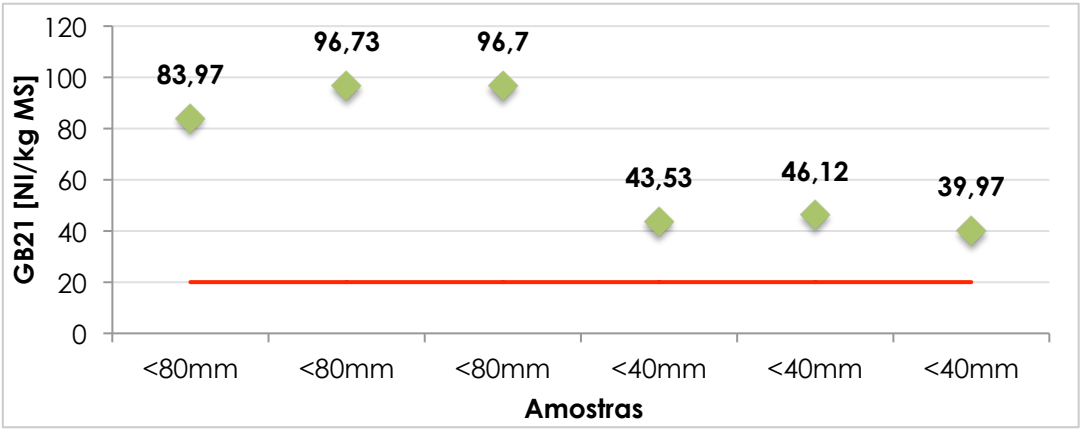
Figura 18-19 – Resultados laboratoriais de AT_4



Fonte: Laboratório do CREED Jundiaí, 2015.

Por final, os valores da análise de GB_{21} demonstram uma alta geração de biogás ainda depois de 24 dias particularmente nas frações de < 80 mm, mas mesmo os resultados das menores frações excedem o limite de 20 Nl/kg MS para aterramento.

Figura 18-20 – Resultados de GB_{21} em comparação com o limite para aterramento



Fonte: Laboratório do CREED Jundiaí, 2015.

Esses resultados demonstram a necessidade de tratamento de resíduos antes do aterramento, bem como o importante potencial das frações finas para uma estabilização biológica. Assim são ilustrados os potenciais para as duas técnicas apresentados, de biogás e de estabilização aeróbia. As frações entre 20 – 80 mm são as mais adequadas para a produção de biogás com altos rendimentos, sendo que as frações finas < 20 mm podem ser usadas para geração de composto ou aterramento depois de estabilização.

19 Diretrizes Técnicas para o Dimensionamento

Definir uma metodologia de análise tecnológica deverá contemplar aspectos na forma econômica, ambiental e operacional. Estas abordagens permitirão comparar as tecnologias, suas vantagens e fragilidades. Neste trabalho elencaram-se apenas tecnologias de ordem biológicas até porque questões mecânicas são inerentes a qualquer uma das tecnologias escolhidas, por vezes com maior ou menor complexidade, mas de forma geral podemos considerar que as demandas para o ajuste das tecnologias mecânicas decorrerão de forma igualitária quando o intuito do projeto for preparar o material para o tratamento biológico, respectivamente as frações menores que 60 mm.

As tecnologias de ordem biológicas estudadas são aplicadas em meios aeróbios e anaeróbios, voltadas para a recuperação energética e produção de composto e biomassa. A base de análise flutua entre as tecnologias anaeróbias de fermentação, úmida e seca (contínua e descontínua) e a aeróbia (compostagem para produção de adubo ou de biomassa). Estas tecnologias podem ser aplicadas isoladamente, apenas a fermentação ou a compostagem ou na forma de combo tecnológico, introduzindo a tecnologia de fermentação anteriormente ao processo aeróbio.

A matriz tecnológica fundamenta-se no impacto originado das tecnologias e tem como critérios a severidade, abrangência, probabilidade e detecção, avaliando e mensurando assim o potencial de aplicabilidade de cada tecnologia (Tabela 19-1).

Tabela 19-1 - Formatação da matriz de impactos tecnológicos compilação de resultados

MATRIZ DE IMPACTOS TECNOLÓGICOS					
Tecnologias	**Avaliação**			**Magnitude**	
	ambiental	**operacional**	**econômica**	**Re**	**Grandeza do Impacto**
Fermentação úmida	55	63	38	156	
Fermentação seca contínua	55	50	31	136	
Fermentação seca descontínua	40	42	28	110	
Reciclagem	18	40	8	66	
Compostagem	58	33	18	109	

Re: Resultado da adição dos fatores (Ambiental+Operacional+Economico)

Desprezível (Re<100):	
Significante (100=<Re<150):	
Importante (Re>=150):	

Fonte: Matriz desenvolvida pela autora com os dados das matrizes anteriores, 2013.

Quando analisamos a matriz proposta temos que as tecnologias de fermentação são as rotas tecnológicas de menor impacto no aspecto ambiental devido ao controle rigoroso de processo que estas tecnologias são submetidas frente às tecnologias de compostagem de ordem menos complexa, em contrapartida as tecnologias de fermentação tem um impacto econômico e operacional mais significativo.

Entre as tecnologias de fermentação temos que a de característica seca descontínua apresenta vantagens tanto na ordem econômica, quanto ambiental e operacional frente às tecnologias de fermentação seca contínua e úmida. Isto se deve ao fato das tecnologias secas descontinuas serem de menor complexidade operacional, ou seja as ações de manutenção preventivas e corretivas são mais fáceis de serem aplicadas e demandam menos assiduidade devido a robustez de seus componentes. Esta menor complexidade também demanda menor capacidade técnica. No que se refere a análise de viabilidade econômica, apesar de produzir uma quantidade 20-30 % inferior de biogás, a fermentação seca descontínua tem menores custos de investimento e de operação, ou seja, a menor geração de receita com a comercialização de biogás é compensada com as menores despesas em energia pela dispensa das ações de prensagens e menores despesas para tratamento de percolados.

Há 7 anos as tecnologias de fermentação úmida não são mais aplicadas na Alemanha para substratos mistos, de origem domiciliar. Muitas plantas tiveram suas operações encerradas e este fato representa uma tendência para as plantas de fermentação da Europa. As tecnologias de fermentação úmida possuem bons resultados a partir de substratos agropecuários e estações de tratamento de esgoto.

Assim optou-se para a definição da rota tecnológica a implementação de planta de tratamento mecânico e biológico, onde a intervenção biológica varia entre a aplicação da fermentação seca descontínua, da compostagem e da reciclagem de materiais.

20 Projeto Conceitual

O projeto conceitual será composto de planta de tratamento mecânico-biológico para os resíduos domiciliares, na forma de planta de triagem de recicláveis, planta de compostagem e planta de biodigestão, sendo que esta última será implementada em fase posterior.

A estimativa da necessidade de área operacional para o cenário proposto é na ordem de 14.500 m² tomando-se em consideração uma capacidade anual para 40.000 t que evoluirá até 80.000 em 20 anos (veja Tabela 20-1).

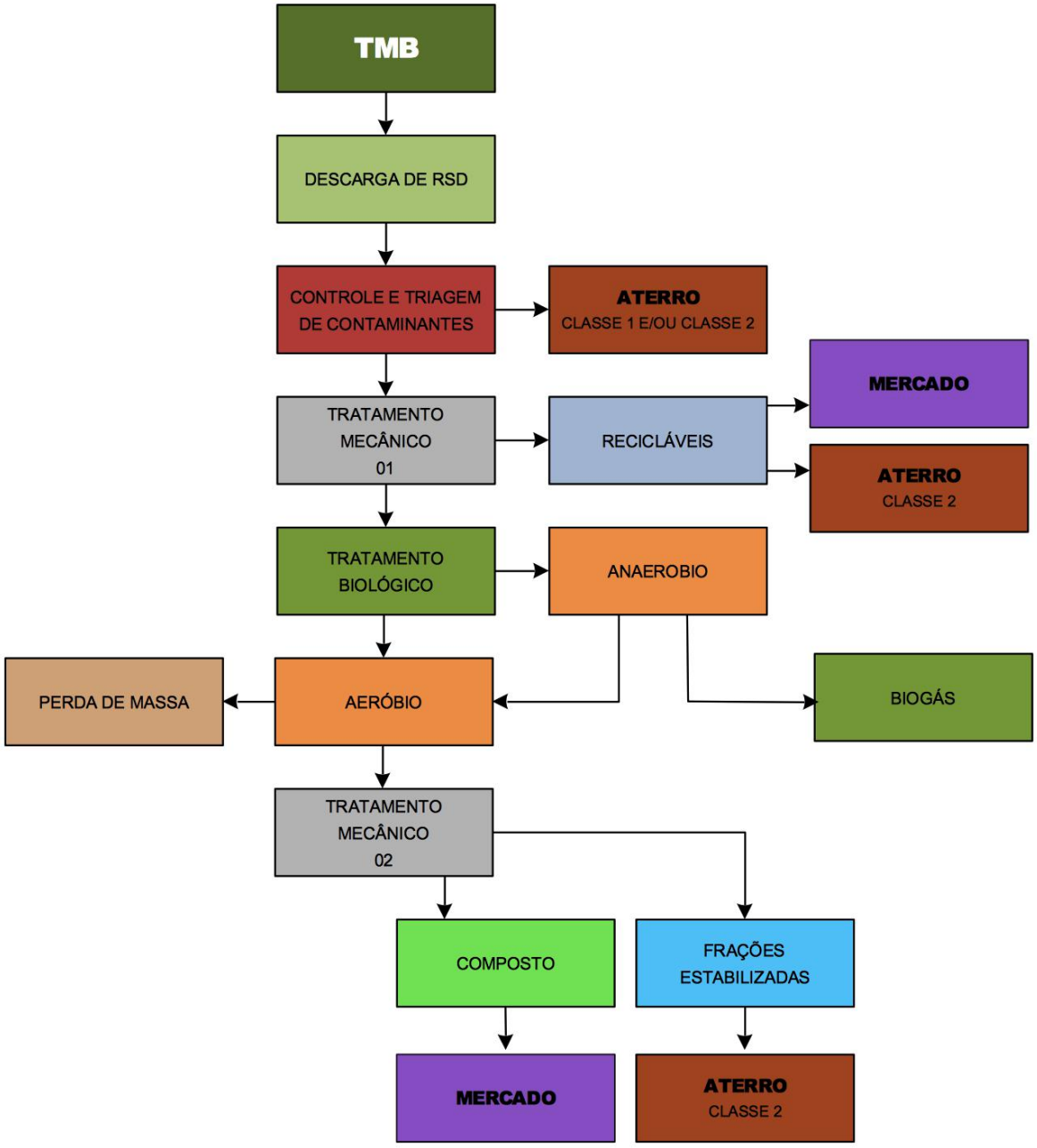
A planta será operada em 1 turno e quando dos momentos de alta temporada em 2 turnos. O terceiro turno estará reservado para as atividades de manutenção. A planta terá capacidade para atender até 80.000 t/a em 2 turnos (veja Figura 20-1).

Tabela 20-1 – Descritivo de áreas

Área total	m²
Área de descarga, tratamento mecânico e armazenagem	4200
Área tratamento biológico aerado	6000
Área tratamento biológico anaeróbio	2000
Áreas periféricas e acessos	2300

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Figura 20-1 – Fluxograma de planejamento de TMB em Ubatuba



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

20.1 DESCRITO TECNOLÓGICO

20.1.1 PÁTIO DE DESCARREGAMENTO

A Funções

O pátio de descarregamento deverá ser dimensionado a fim de garantir o cumprimento das seguintes funções:

- Armazenagem temporária para os resíduos segundo suas características qualitativas e quantitativas para atendimento de variações sazonais, ou mesmo para permitir atividades de manutenção da planta;
- Armazenagem temporária para os materiais recicláveis prensados;
- Assegurar entregas simultâneas dos resíduos;
- Dissociação entre a alimentação contínua do tratamento mecânico e um fornecimento descontinuado;
- Controle visual dos resíduos descarregados e separação de resíduos contaminantes ou que causem distúrbio à operação;
- Controle de emissões (minimizar desvios, emissões de gases, líquidos e ruídos).

A remoção ou redução de substâncias que causem interferência, estranhas e prejudiciais deve ser assegurada no pátio de descarregamento para garantir a eficácia do tratamento mecânico. O nível de tolerância para a ocorrência destes componentes problemáticos serão determinados segundo o processo de preparação e tratamento escolhidos. Os seguintes aspectos problemáticos deverão ser considerados:

- Proporção de frações contaminantes, determinada pela relação entre o processo biológico e a qualidade do produto a ser gerado;
- Granulometria, determinada pelo dimensionamento dos equipamentos de processamento e de transporte;
- Substâncias perigosas (àquelas de fácil combustão ou explosivas, etc.);
- Difícil trituração , por exemplo a partir de suas características elásticas e plásticas;
- Têxtil que seja recebido de forma amontoada;
- Formação de particulados (Emissões e riscos de explosão).

B Descrito técnico

O pátio de descarregamento será coberto e plano. A área de armazenagem será dimensionada para o recebimento dos resíduos gerados em 1 dia de coleta.

Resíduos contaminantes serão identificados de forma visual e selecionados de forma manual e mecânica através de uma pá-carregadeira. Equipamentos especiais são dispensáveis nesta fase. Containers para as substâncias contaminantes captadas nesta triagem deverão estar disponibilizados na área. A fração de resíduos contami-

nantes captados durante esta fase representa cerca de 1 % do total descarregado, ou seja, 800 t/a, devendo estes serem encaminhados para aterramento.

Os resíduos recebidos serão então coletados por uma pá-carregadeira e dirigidos ao rompedor de sacos, como por exemplo, um triturador.

20.1.2 TRATAMENTO MECÂNICO

A Funções

As seguintes funções específicas devem ser realizadas durante a fase de tratamento mecânico:

- Encaminhamento dos resíduos para o rompedor de sacos/triturador;
- Rompimento das sacolas;
- Estação de triagem para vidros e frações volumosas composta por 2-4 pessoas;
- Tambor de peneiramento para segregação das frações maiores e menores do que 60 mm;
- Separadores magnéticos para as frações maiores e menores do que 60 mm. O separador magnético é empregado para garantir qualidade às frações finas que serão encaminhadas para a produção de composto, bem como para captação de metais nas frações grossas;
- Separador por corrente para segregação de metais não ferrosos para frações < 60 mm;
- Separador balístico para segregação de plásticos 2D, 3D e finos (<60 mm);
- Separadores óticos para plásticos tipo PET, filmes, mistos, e ainda papéis/ papelões;
- Remoção dos bags ou contêiner por pá-carregadeira ou empilhadeira;
- Prensa embaladora de recicláveis;
- Remoção dos rejeitos para aterro.

B Descritivo técnico

A área para o tratamento mecânico localiza-se no mesmo nível que o pátio plano de descarregamento e deve ser realizada de forma coberta.

Os resíduos serão transportados por pá-carregadeira para o rompedor de sacos, da mesma forma que ocorre com a alimentação e descarregamento do fermentador bem como nos túneis de compostagem e na área de maturação.

O resíduo descarregado, após triagem de contaminantes, será captado e transportado pela pá-carregadeira até o rompedor de sacos/triturador. Ao término do rompimento segue-se um processo de peneiramento em malha de 60 mm onde as

frações > 60 mm serão direcionadas para a etapa de triagem de recicláveis e as frações < 60 mm serão encaminhadas para tratamento biológico aerado/anaeróbio.

20.1.3 BIODIGESTÃO

A Funções

- Produção de biogás por meio do processo de decomposição anaeróbio;
- Produção de energia elétrica e calor através de um transformador;
- Perda de massa por meio da decomposição de substância orgânica seca;
- Estabilização parcial do material digerido;
- Captação de biogás e sua valorização ;
- Exaustão do ar e tratamento;
- Transferência das frações digeridas para a compostagem.

B Descritivo técnico

O processo de fermentação escolhido consiste em uma fermentação seca que ocorre durante 3 semanas, este tipo de fermentação é realizada por batelada no qual é produzido o biogás para a eletricidade e calefação. A tecnologia é projetada em um sistema modular, consistindo em 8 unidades uniformes fermentadoras que serão alimentadas pela pá-carregadeira.

Durante a fermentação há baixa necessidade de introdução adicional de líquidos (cerca 1600 t/a). Os líquidos aspergidos serão capturados durante o processamento e re-circulados com o propósito de umedecimento da massa a ser digerida, desta forma acumulando a função de acelerador da digestão.

Em decorrência do alto índice de umidade, haverá um excedente de emissões líquidas na ordem de 9000t/a que deverão ser encaminhadas para tratamento.

20.1.4 ESTABILIZAÇÃO AERÓBIA

A Funções

- Como valor alvo da estabilização biológica visando o aterramento deve-se alcançar uma atividade respiratória AT_4 < 10 mg O_2/g de substância seca;
- Estabilização e higienização dos resíduos < 60 mm e dos digeridos no fermentador;
- Regulagem do teor de umidade para < 40 %;
- Peneiramento em malha dupla 20 e 40 mm;

- Frações < 20 mm serão enquadradas como composto; frações entre 20-40mm serão enquadradas como material de oxidação de metano e frações > 40 mm serão enquadradas como frações orgânicas estabilizadas e encaminhadas para aterramento.

B Descritivo técnico

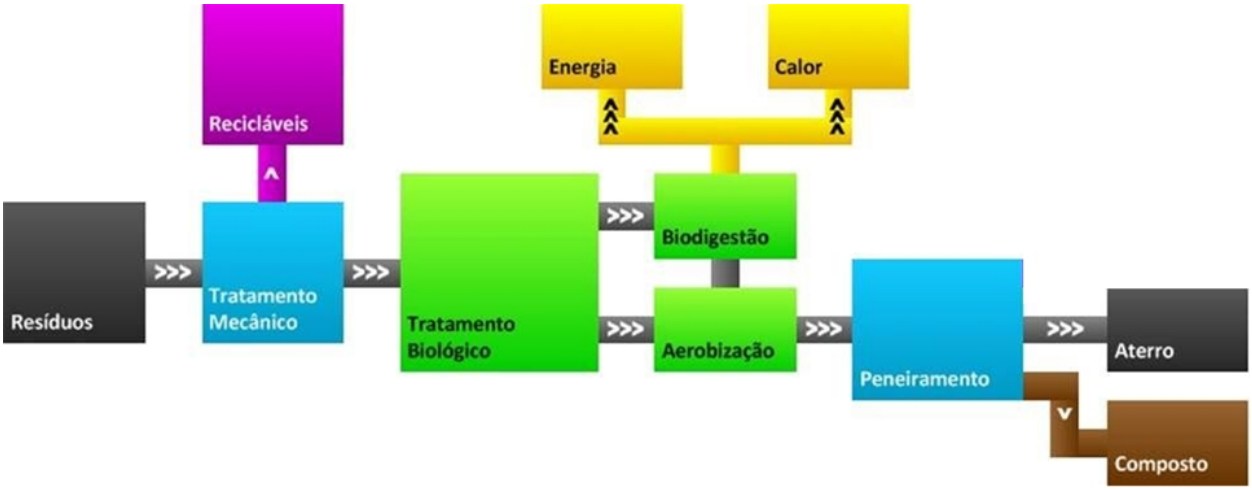
A estabilização aeróbia das frações orgânicas acontecerá em um pátio coberto, impermeabilizado, em espaços projetados na forma de 10 túneis de concreto ou em 160 containers, ambos providos de aeração forçada, tendo como período estimado de estabilização 3-4 semanas. Entende-se que durante este período será possível uma redução de massa na ordem de 40 % quando forem empregados túneis e 20-30 % quando forem empregados containers. Após a estabilização o material será peneirado em malha de 20 e 40 mm onde as frações menores deverão ter seu conteúdo analisado para fins de avaliação de sua aplicação na forma de composto, frações entre 20 e 40 mm deverão ser estudadas para aplicação na forma de camada de oxidação de metano e as maiores que 40 mm deverão ser encaminhadas para aterramento em área licenciada.

Figura 20-2 – Túneis e Contêineres para aerobização



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Figura 20-3 – Fases do processo

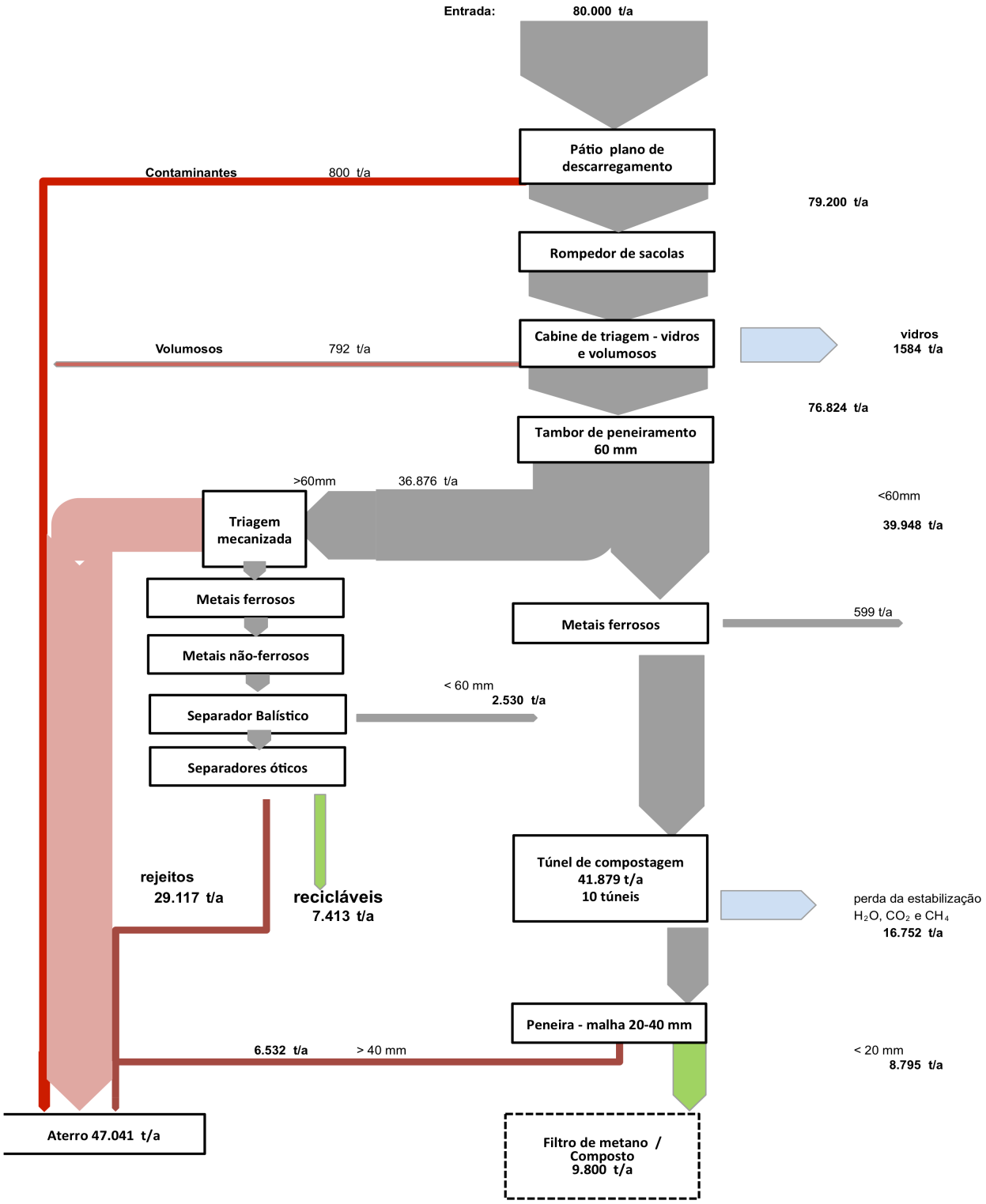


Fonte: Elaborado pelo autor, 2014.

20.2 BALANÇO DE MASSA

20.2.1 FASE 01 – TMB AERÓBIO (TÚNEIS)

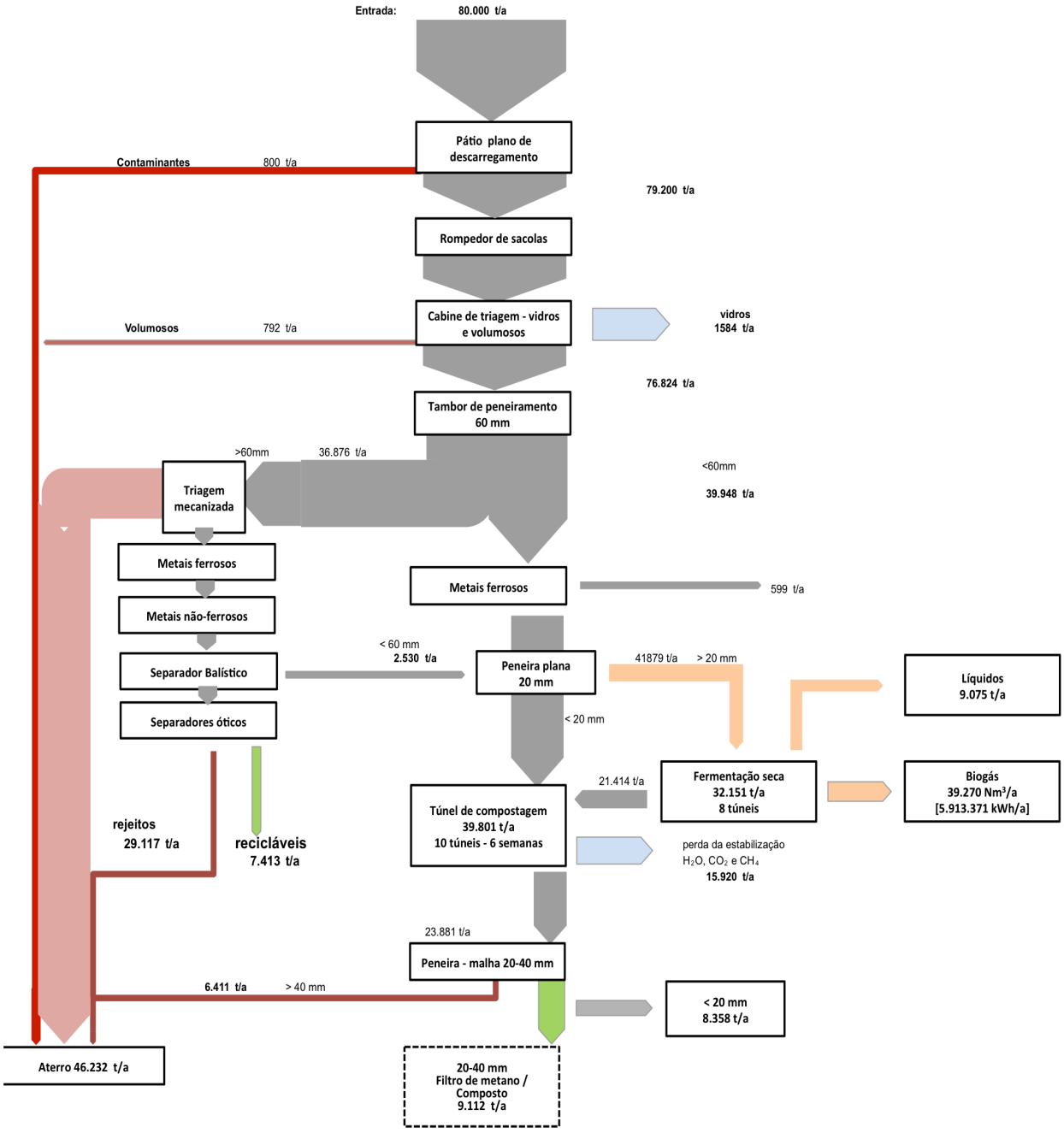
Figura 20-4 – Balanço de Massa – Cenário 01



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

20.2.2 FASE 02 – TMB ANAERÓBIO E AERÓBIO (TÚNEIS)

Figura 20-5 – Balanço de Massa – Cenário 02



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

21 Análise Econômica

21.1 Fase 01 – TMB aeróbio (túneis) – 80.000 t/a

Tabela 21-1 – Balanço Econômico – Cenário 01

	Tecnologia secagem	TMB com 100 % de estabilização	Porcentagem de participação
	Subprodutos	RECICLÁVEIS E COMPOSTO	
1	Investimento total	R$ 69.504.000,00	100 %
1.1	Construção civil	R$ 18.600.000,00	27 %
1.2	Equipamento total	R$ 50.904.000,00	73 %
1.2.1	Mecânico	R$ 32.708.000,00	64 %
1.2.2	Biológico	R$ 17.340.000,00	34 %
1.2.3	Diversos	R$ 856.000,00	2 %
2	Operação	R$ 6.104.010,00	
2.1	Despesas totais	R$ 11.924.930,00	100 %
2.1.1	Despesas gerais / a	R$ 5.809.600,00	49 %
2.1.2	Despesas aterro / a	R$ 6.115.330,00	51 %
2.2	Receitas totais	R$ 18.028.940,00	100 %
2.2.1	Receitas gate fee / a	R$ 12.000.000,00	67 %
2.2.2	Receitas subprodutos/a	R$ 6.028.940,00	33 %
3	Área total (m²)	12.500	100 %
3.1	Biológica (m²)	6.000	48 %
3.2	Mecânico (m²)	4.200	34 %
3.3	Periféricos (m²)	2.300	18 %
4	Subprodutos t/a	16.208	100 %
4.1	Recicláveis t/a	7.413	46 %
4.2	Composto t/a (<20mm)	8.795	54 %
5	Rejeitos t/a	47.041	100 %

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

21.2 FASE 02 – TMB ANAERÓBIO E AERÓBIO (TÚNEIS)

Tabela 21-2 – Balanço Econômico – Cenário 02 – implementação total

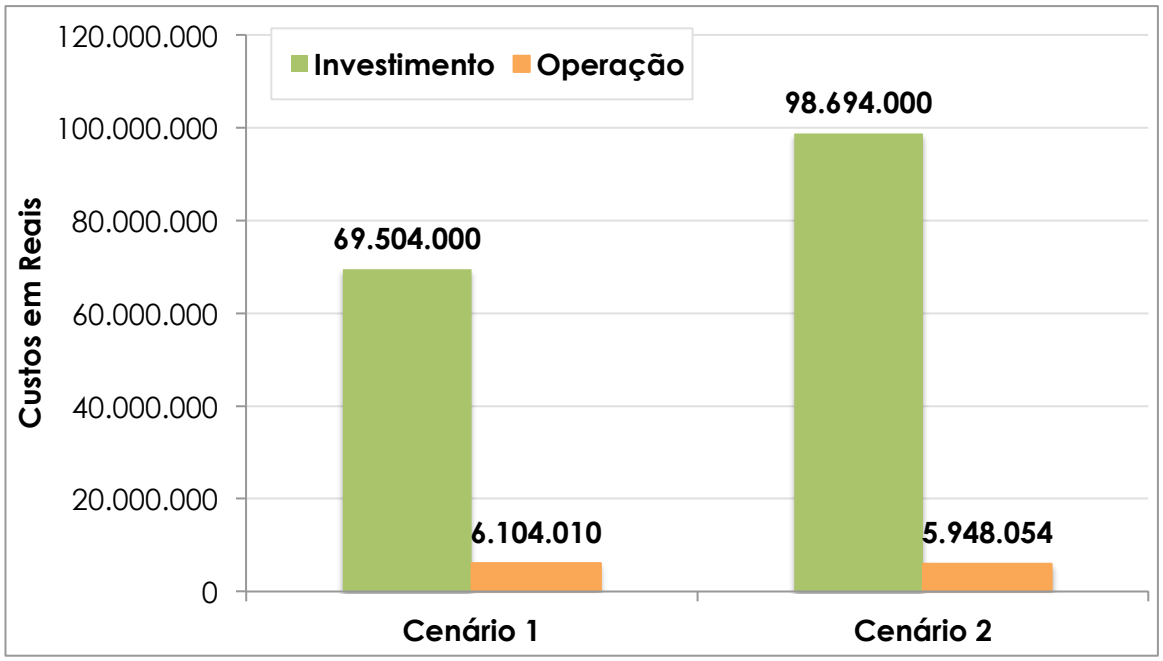
	Tecnologia secagem	TMB com 100 % de estabilização e fermentação	Porcentagem de participação
	Subprodutos	RECICLÁVEIS, COMPOSTO E BIOGÁS	
1	Investimento total	R$ 98.694.000,00	100 %
1.1	Construção civil	R$ 28.000.000,00	28 %
1.2	Equipamento total	R$ 70.694.000,00	72 %
1.2.1	Mecânico	R$ 34.228.000,00	48 %
1.2.2	Biológico	R$ 35.490.000,00	50 %
1.2.3	Diversos	R$ 976.000,00	2 %
2	Operação	R$ 5.948.054,00	
2.1	Despesas totais	R$ 13.219.860,00	100 %
2.1.1	Despesas gerais / a	R$ 6.846.700,00	52 %
2.1.2	Despesas aterro e emissões líquidas / a	R$ 6.373.160,00	48 %
2.2	Receitas totais	R$ 19.167.914,00	100 %
2.2.1	Receitas gate fee / a	R$ 12.000.000,00	63 %
2.2.2	Receitas subprodutos/a	R$ 7.167.914,00	37 %
3	Área total (m²)	14.500	100 %
3.1	Biológica (m²)	8.000	55 %
3.2	Mecânica (m²)	4.200	29 %
3.3	Periféricos (m²)	2.300	16 %
4	Subprodutos t/a	15.771	100 %
4.1	Recicláveis t/a	7.413	47 %
4.2	Composto t/a (< 20 mm)	8.358	53 %
4.3	Energia kWh/a	5.913.371	-
5	Rejeitos t/a	46.232	100 %

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Em seguida, uma comparação dos resultados determinados a partir da quantidade e qualidade dos RSU de Ubatuba estão apresentados nas figuras Figura 21-1,

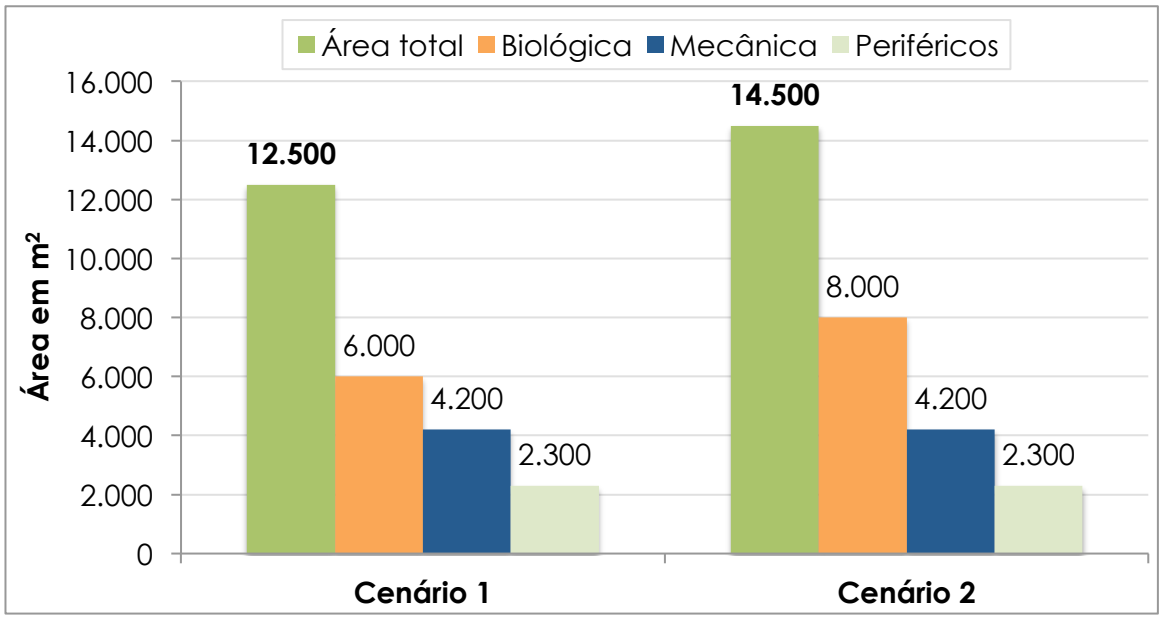
Figura 21-2 e Figura 21-3, diferenciado por custos de investimento e operação, a área necessária e os subprodutos gerados.

Figura 21-1 – Comparação dos cenários - Investimentos



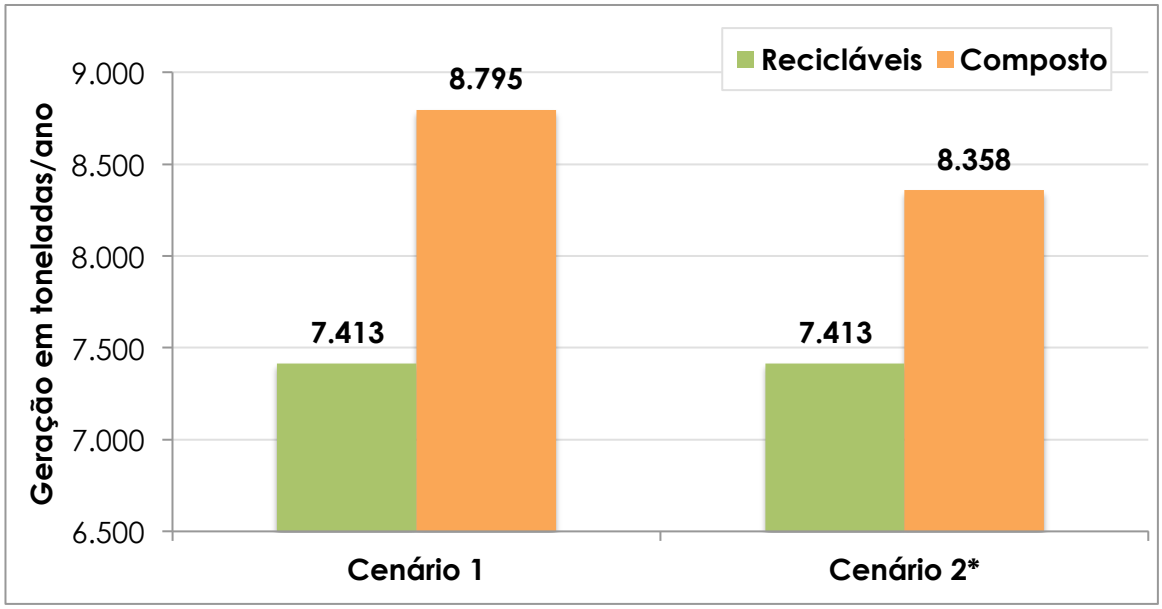
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Figura 21-2 - Comparação dos cenários – Áreas



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Figura 21-3 - Comparação dos cenários – Geração de subprodutos



*Geração de cerca de 6 MWa de Energia

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

22 Indicadores de Performance

A valorização fomentada na década de 90, apesar de pioneira, acabou representando um desserviço para a gestão sustentável dos resíduos sólidos. Tecnologias de compostagem aplicadas em larga escala não tiveram sucesso e além do impacto ambiental ainda produziram subprodutos de tão baixa qualidade que promoveu uma descrença no mercado.

Duas décadas depois, temos novamente estas discussões em pauta e com grandes fragilidades como insuficiência de capacidade técnica e dependência de equipamentos importados. Propomos para minimizar o impacto das novas tecnologias e salvaguardar o gestor público e a comunidade, de forma a garantir a eficiência dos novos sistemas, que sejam introduzidas nos termos de referência dos editais a serem elaborados as garantias de performance que definam o desempenho individual dos equipamentos e do conjunto, e ainda institua penalidades para seu descumprimento.

Os indicadores de performance deverão abordar a funcionalidade do tratamento mecânico e dos biológicos bem como sua capacidade específica de tratamento, consumo de energia, balanço hídrico e ainda prazos de fornecimento, testes e garantia, como retratados a seguir:

- Tratamento mecânico – XXX t por ano, XX t por hora por equipamento
- Tratamento Biológico – Fermentação: XXX t por ano, tempo de residência XX semanas em cada fermentador; Compostagem: XXX t por ano, tempo de residência XX semanas nos túneis de compostagem
- Operacionalidade dos equipamentos - deve ser garantido um fator de pico para todos os agregados de preparação de XXX% para o período de uma hora. Para todos os agregados deve ser garantida uma disponibilidade mínima de XX%.
- Prazos para testes - para o rendimento de equipamentos: resultado médio de XX semana de operação e para verificar a eficiência de todos os equipamentos: resultado médio de XX semana de operação.
- Capacidade e penalidades específicas dos agregados.
- Fermentador: rendimento médio mensal de biogás de pelo menos XXX Nm^3/t de material entrado no digestor. Alternativamente garante na média mensal uma parte de XXX% do rendimento do gás que o processo obtém em comparação ao resíduo de fermentação conforme VDI 4630 após uma permanência de XXX dias no digestor. Além disso, o biogás gerado deve apresentar na média mensal um teor de pelo menos XXX% de metano. E ainda em relação ao CHP: grau de eficiência elétrica de XX% com uma disponibilidade de XX%.
- Compostagem: Grau de Maturação; Higienização do material tratado; Teor de umidade.
- Emissões de odores.

- Consumo de energia da planta.
- Prazo de garantia.
- Prazo de prescrição / peças de desgaste.
- Lista das peças de desgaste e de reposição.
- Partida e operação teste.
- Prazos de fornecimento e de conclusão.

23 Análise de mercado para subprodutos

A consciência ambiental, a sensibilização em relação às mudanças climáticas, a necessidade de preservação e os preços de comercialização dos recursos naturais e o valor da energia garantem o desenvolvimento do mercado de recursos secundários. Práticas antigas e ineficazes, como o boom da compostagem e situação esta agravada pelo desconhecimento e mitos que se formaram durante o decorrer dos anos, acabaram desgastando o setor, porém acompanhando o desenvolvimento global mostra-se inquestionável a tendência que o mercado assume no que se refere à valorização destes subprodutos e sua penetração como um importante ator na cadeia econômica.

Para fins de mitigação dos impactos do passado e promoção do mercado, entendemos como primeira iniciativa a realização de um mapeamento do mercado em um raio de 50 km para cadastramento de potenciais receptores dos subprodutos e logo em seguida uma extensão do raio de influência para 100 km. Durante o mapeamento poderão ser incorporadas medidas de esclarecimento e de capacitação.

Pesquisas deverão ser realizadas para caracterização dos subprodutos e otimização, para isto torna-se imprescindível a formação de parceria com institutos acadêmicos e de pesquisa.

Promoção dos resultados deve compor um programa de comunicação para a disseminação dos dados e afastamento de mitos, e ainda incentivos na forma de benefícios tributários deverão ser instituídos para a substituição dos recursos naturais pelos secundários. Estas ações devem compor a política pública do município e garantir segurança jurídica para àqueles que participarem do novo sistema de gestão dos resíduos.

Conforme comentado anteriormente uma rota tecnológica demanda um processamento eficaz do substrato e a geração de subprodutos que sejam valorizados pelo mercado.

No caso do trabalho apresentado temos que a matriz tecnológica firmada resultou na escolha da tecnologia de tratamento mecânico (captando 10 – 15 % de recicláveis) e biológico, sendo que este formado por duas frentes, uma de origem anaeróbia, a fermentação na forma seca e descontínua com o intuito de recuperar energeticamente a fração orgânica e em seguida a aplicação da tecnologia de aeração na forma de compostagem, resultando em dois possíveis substratos, o composto e a biomassa, esta gerada apenas pela secagem do material.

Este combo tecnológico é bastante eficaz e garante pelo menos uma taxa de desvio total que pode variar entre 50 a 70 %. Esta variação dependerá da aceitabilidade do mercado aos subprodutos ofertados pela planta.

Temos o biogás como uma matriz alternativa de energia, porém os valores de comercialização ofertados pelo mercado, R$ 190,00/MW ainda não garantem a viabilidade econômica desta intervenção tecnológica. Esta condição pode ser revertida no momento em que o processo de fermentação seja aplicado em caráter parcial a fim de gerar apenas a energia para fins de consumo próprio, esta prática limitada a 1 MW e amparada por isenção de tributos segundo resolução ANEEL 482 de 2012.

No que se refere ao mercado de recicláveis, estes captados durante o tratamento mecânico, temos um situação estável e bastante competitiva onde valores médios de comercialização estão na ordem de R$ 680,00/t, justificando economicamente esta intervenção. Um incremento na linha de produção de tratamento mecânico para fins de produção de CDR (combustível derivado de resíduos) pode ser futuramente implementada quando do amadurecimento do mercado.

O CDR na Europa é encaminhado para plantas de força e fornos de cimenteiras, já sendo entendido como fonte geradora de receita na ordem de R$ 50,00/t. No Brasil, estudos e linhas de pesquisa foram iniciadas, porém a ausência de determinação legal que designe as características físico-químicas apropriadas e limitações para sua aplicação geram incertezas para fins de investimento neste mercado.

Quando avaliamos os subprodutos gerados em decorrência da estabilização aeróbia, temos o composto e a biomassa. O composto, quando do atendimento das determinações legais quanto suas características qualitativas, temos uma posição bastante positiva do mercado, onde os valores de comercialização já se encontra na ordem de R$ 100,00/t.

Ambos os subprodutos, seja composto, seja biomassa, quando do não atendimento das condicionantes de qualidade, poderão ser aplicados na forma de camada de oxidação de metano visando mitigar a emissão de gases de efeito estufa e servindo como ferramenta de remediação de passivos ambientais.

Independentemente do subproduto, vale observar que as tecnologias de estabilização aeróbia sempre terão viabilidade econômica, no momento que permitem uma redução de massa na ordem de 20-40 %.

24 Intervenções sustentáveis

As ações recomendáveis para fins de garantir uma avaliação consistente das tecnologias a fim de refletir a realidade de sua aplicação tanto tecnicamente (no âmbito operacional e ambiental) quanto economicamente, estão expostas a seguir:

24.1 Capacitação público interno

Para que uma administração tenha condição de montar e avaliar uma matriz de impacto tecnológico deve, sobretudo buscar capacitação de sua equipe. Para isto propomos parceria com entidades renomadas e que possam, de forma neutra, contribuir para que a matriz expresse a realidade da tecnologia estudada. Também pode ser entendido como medida de capacitação o fomento de viagens técnicas para conhecer in loco as tecnologias avaliadas, sendo que na escolha das plantas a serem visitas algumas características devem ser privilegiadas tais como aplicação em escala e substratos semelhantes.

Vivenciar a aplicação de novas tecnologias, principalmente em larga escala, demanda uma capacidade técnica avançada que pode ser desenvolvida através de cursos de capacitação que abordem conhecimentos na ordem do planejamento, execução, operação, monitoramento, otimização das tecnologias e aplicabilidade e escoamento dos subprodutos. Propõem-se viagens técnicas de longa duração para que a equipe responsável possa acompanhar operações em escala e com substratos próximos ao do projeto. Além do acesso as informações em decorrência da troca de experiências, estas viagens também permitirão formar um senso crítico e sensibilizar os agentes, seja público, seja privado, quanto às fragilidades e entraves relacionados com a aplicação das tecnologias.

24.2 Capacitação público externo

Considerando nossa imaturidade devido à escassez ou inexistência de plantas de tratamento em larga escala, temos que os atores periféricos que formam este mercado como entidades acadêmicas e de pesquisa, operadores privados, agências ambientais, consultorias, indústrias, também devem definir ações de capacitação como parte de seu planejamento estratégico. Apenas o conhecimento minimizará os erros inerentes às novas práticas, para isto, é fundamental instituir parcerias com instituições que dominem essas informações, resultando na agilidade e economicidade durante as tomadas de decisão.

Entendemos como público externo a própria comunidade que sofrerá as consequências de uma operação exitosa ou não, devendo o poder público prover cursos

de capacitação e de aculturamento com a nova realidade da gestão sustentável dos resíduos. A administração pública deve entender este novo sistema como condição única dentro da realidade brasileira e ferramenta concreta de educação ambiental. O comprometimento da população irá garantir melhores níveis de segregação a partir da coleta seletiva e ainda o convívio através de visitas monitoradas à planta de tratamento ratificará os conceitos desenvolvidos em intervenções de educação ambiental, afastando a teoria e aproximando a comunidade para a realidade desses sistemas, suas complexidades e vantagens quando da transformação dos resíduos em recursos secundários. Ações midiáticas são justificadas para sensibilização de um número maior de membros da sociedade.

Considerando o pioneirismo do programa e o compromisso com o bem comum, temos que essas plantas devem ser disponibilizadas para linhas de pesquisa e promoção de programas acadêmicos de especialização, contribuindo para a formação de massa crítica e capacitada, apta a multiplicar os resultados deste projeto pioneiro, contribuindo inclusive para o desenvolvimento do próprio mercado de maquinários e serviços.

24.3 Formação de parcerias

As parcerias com entidades de controle e monitoramento são importantes para a antecipação dos problemas e promoção de ações corretivas. Avaliação continua dos impactos ambientais também pode ser entendido como uma ferramenta de proteção ambiental e de garantia da eficiência da operação.

Um mapeamento do mercado regional permitirá identificar os pontos passíveis de integração entre as demais instituições, homogeneizando os procedimentos e garantindo escala tanto para a aplicação tecnológica quanto para o escoamento dos subprodutos.

Tabela 24-1 - Levantamento atual do mercado no litoral norte de São Paulo

Município	População	Geração Mensal (t)	Empresa	Edital (t)	Transbordo e transporte	Destinação	Data de Ref.	Aterro
Caraguatatuba	100.840	2.097,5	Em concorrência	110			Jan/15	
Ilhabela	28.196	586,5	Boa Hora	205	140	65	Dez/14	Engep (Jambeiro)
São Sebastião	73.942	1.538	Ecopav	120	47,2	80	Dez/13	Engep (Jambeiro)
Ubatuba	78.801	1.639,1	Sanepav	172,5	172,5		Abr/14	Engep (Jambeiro)
Total	**281.779**	**5.861,0**						

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

25 Contribuição para a proteção ambiental e preservação dos recursos naturais

A gestão de resíduos representa um setor da economia com significativas emissões de gases de efeito estufa, sendo que este potencial de impacto ambiental pode ser mitigado a partir de uma gestão sustentável que introduz os processos de tratamento anteriormente à prática de disposição final. Desta forma, as reduções de emissões são alcançadas através das seguintes medidas:

- Economia de energia no uso de matérias-primas secundárias (reciclagem de materiais);
- Produção de energias renováveis, como biogás;
- Armazenamento de CO2 nos solos através da compostagem ;
- Estabilização biológica de resíduos previamente à sua disposição em aterros sanitários;
- Se for necessário, prevenção de produção de metano pela oxidação do metano microbiana por camadas de filtros adequados nos aterros sanitários antigos.

25.1 Contribuição para a proteção dos recursos naturais

A abordagem estratégica contempla o uso sustentável dos recursos naturais a partir da melhora da eficiência dos recursos e propõe ainda a redução dos impactos ambientais oriundos da utilização dos recursos e, desta forma dissociando o crescimento econômico do impacto ambiental resultante deste. Portanto a sustentabilidade das estratégias de gestão de resíduos deve ser avaliada.

Para a eficiência no emprego dos recursos naturais não devem ser considerados apenas o consumo direto dos recursos e as receitas decorrentes das operações de valorização, incluindo as medidas necessárias para sua realização. A avaliação deve também considerar a provável economia de recursos através do emprego da matéria-prima secundária e da reciclagem energética. Um parâmetro importante nesse contexto é a demanda de energia acumulada para os produtos gerados a partir dos resíduos, diferenciados segundo a produção de matérias-primas primárias e secundárias.

25.2 CONTRIBUIÇÃO PARA A PROTEÇÃO DO CLIMA

A gestão de resíduos constitui um segmento relevante no que se refere as emissões de gases de efeito estufa. Desta forma, a rota tecnológica proposta permitirá minimizar estas emissões, da seguinte forma:

- Prevenção de emissão de metano em aterros sanitários através da redução de massa orgânica encaminhada para aterramento e sua estabilização biológica;
- Aproveitamento energético do orgânico através da geração de biogás;
- Economia energética devido ao emprego de matéria-prima secundária.

As emissões de metano em aterros em um período de 10 anos foram estimadas. Isto é necessário para avaliar o potencial de geração de carbono equivalente em aterros de rejeitos. Na tabela seguinte temos a comparação da geração em aterros tradicionais e de rejeitos onde há uma expressiva redução da emissão de gases de efeito estufa, em 10 anos, de 185.363 a 20.716 t CO2eq, ou seja, uma redução de 164.647 t CO2eq.

Tabela 25-1 - Linhas de base dos aterros tradicionais e do aterro de rejeitos com as respectivas emissões em carbono equivalente

Linha de base – Aterro Tradicional		**Linha de base – Aterro de Rejeitos**	
Linha de base emissões (t CO_2eq)		Linha de base emissões (t CO_2eq)	
1	6.094	1	422
2	10.662	2	827
3	14.168	3	1.217
4	16.923	4	1.592
5	19.143	5	1.952
6	20.975	6	2.299
7	22.518	7	2.633
8	23.845	8	2.953
9	25.004	9	3.262
10	26.031	10	3.559
Total	**185.363**	**Total**	**20.716**

Fonte: Elaborado pelos autores, 2014.

Para o balanço de emissões temos uma influência positiva na geração de gases de efeito estufa quando do emprego da reciclagem de materiais e da compostagem e ainda da redução de massa aterrada. A redução total anual está na ordem de 379.517 t CO2eq.

Tabela 25-2 - Balanço da redução total em t CO2eq devido ao aterramento de menores massas e recuperação energética e de materiais

Redução das emissões		Eletricidade biogás	Reciclagem	Reciclagem de FE	Soma
Ano	t CO_2eq	t CO_2eq	t CO_2eq	t CO_2eq	t CO_2eq
1	5.672	12.771	7.188	1.528	27.159
2	9.835	12.771	7.188	1.528	31.322
3	12.951	12.771	7.188	1.528	34.438
4	15.331	12.771	7.188	1.528	36.818
5	17.191	12.771	7.188	1.528	38.678
6	18.676	12.771	7.188	1.528	40.163
7	19.885	12.771	7.188	1.528	41.372
8	20.892	12.771	7.188	1.528	42.379
9	21.742	12.771	7.188	1.528	43.229
10	22.472	12.771	7.188	1.528	43.959
	164.647	**127.710**	**71.880**	**15.280**	**379.517**

Fonte: Elaborado pelos autores, 2015.

25.3 CONTRIBUIÇÃO PARA AS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

Através da gestão sustentável de grande parte das frações orgânicas em decorrência da estabilização biológica, teremos uma redução na ordem de 70-90 % do potencial de geração de chorume da massa a ser aterrada.

26 Projeto de valorização de curto prazo

O estado de São Paulo definiu metas de médio prazo para a redução de resíduos em aterros, sendo que estas metas ambiciosas demandam intervenções tecnológicas e de gestão consolidadas, somente possíveis através de concessão administrativa na forma de PPP (parceria público-privada). Tal fato justifica-se pelo elevado montante de investimento em plantas de tratamento e demais serviços periféricos como universalização da coleta seletiva, entre outros.

O plano estadual de resíduos sólidos elaborado pelo Governo do Estado em 2014 estabelece, de forma geral, as seguintes metas (Figura 26-1):

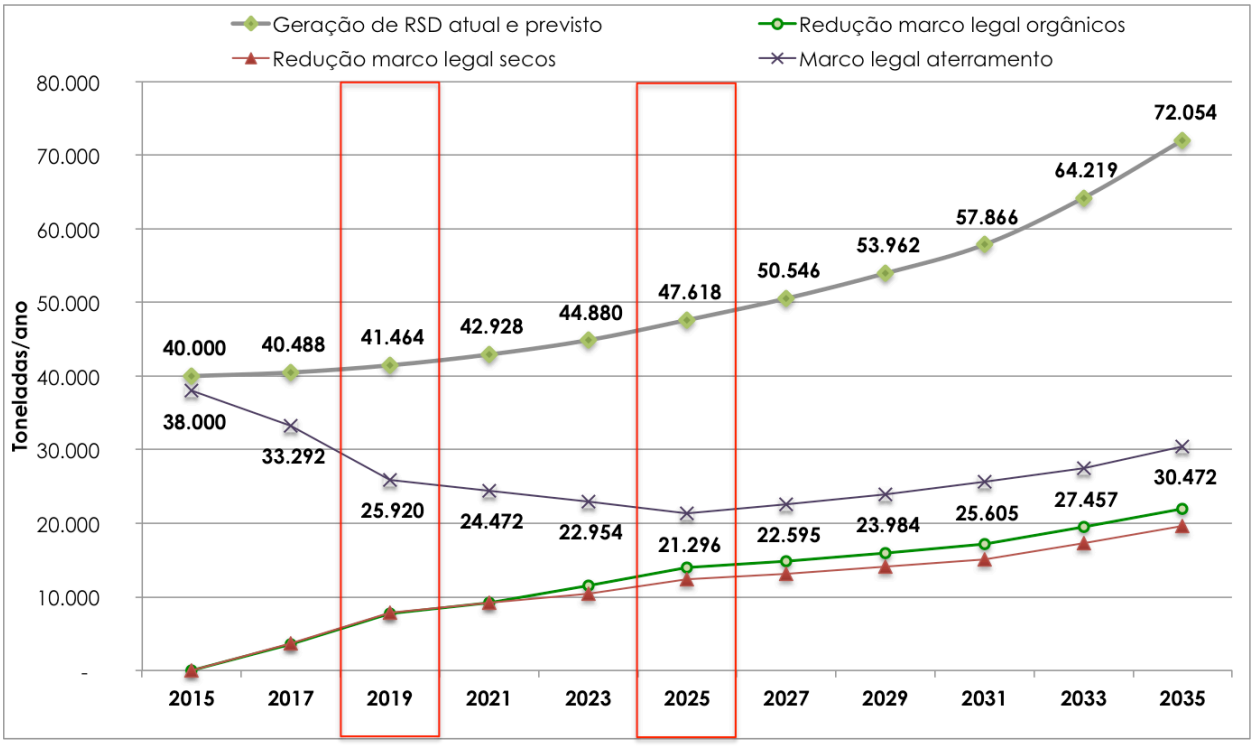
- Meta 4.7 - Redução dos Resíduos Recicláveis Secos dispostos em Aterro (com base na caracterização nacional de 2013)

  2019: 37 %; 2023: 42 % e 2025: 50 %

- Meta 4.8 - Redução Percentual de Resíduos Úmidos dispostos em Aterros (com base na caracterização nacional de 2013)

  2019: 35 % ; 2023: 45 % e 2025: 55 %

Figura 26-1 – Previsto de geração de resíduos e marcos legais



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Considerando que a implementação tecnológica demanda expertise em operação propomos que durante o próximo ano a Prefeitura realize intervenções pontuais com o intuito de desenvolver capacidade de seu corpo técnico, alinhar as tecnologias com a realidade local e sobretudo gerar know-how para elaboração do termo de referência para a contratação de tecnologias em larga escala. Estas intervenções abordarão 3 eixos temáticos: recicláveis, construção civil e resíduos orgânicos selecionados.

26.1 Implantação de ECOPONTOS

Os ECOPONTOS são locais previamente estabelecidos, que possuem condições técnicas adequadas ao armazenamento de determinados tipos de resíduos produzidos no município. Seu principal objetivo é propiciar que os Resíduos da Construção Civil, Verdes e Especiais provenientes de geradores de pequenos volumes até 1m³/ mês/ gerador e materiais volumosos (ex: mobiliário) tenham destinação correta. Desta forma conseguiremos minimizar riscos de contaminação ao meio e ao homem, e ainda, possibilitar a adoção de alternativas econômicas para reuso e comercialização de alguns materiais. Cabe ressaltar que segundo a resolução do CONAMA n.º 307, compete ao município a solução para a disposição correta dos pequenos volumes de resíduos da construção civil.

Estes postos de entrega funcionarão como receptores de diversos tipos de materiais e inservíveis, tais como: entulho, pneus, lâmpadas fluorescentes, recicláveis domiciliares, poda, restos e embalagens de tintas e solventes, móveis e outros materiais volumosos, devendo localizar-se próximos ou nos locais de deposições irregulares existentes, respeitando a viabilidade técnica e econômica para sua instalação e manutenção.

Cada material possuirá um espaço apropriado baseado em critérios específicos de acondicionamento e armazenagem, e posteriormente (de acordo com o volume) transportados para a área de destinação, e a partir daí, encaminhados às empresas recicladoras, comercializados, valorizados ou doados para reutilização.

Poder-se-á ainda haver parcerias com outros municípios a fim de obtermos maiores volumes para correta destinação final. Esta parceria é fundamental para melhor disputa de mercado, barateamento de custos como fretes e impostos. Havendo ainda otimização de recursos, como tempo de armazenagem, e menor demanda para o alcance de cargas necessárias. As parcerias se apresentam ainda como fonte de recursos, em função da cobrança pela execução desses serviços, haja visto ser esse um problema que atinge todos os municípios da região.

Os ECOPONTOS devem ter características homogêneas, dimensionados de forma a permitir o deslocamento dos pequenos coletores, inibindo, desta forma, o despejo irregular de resíduos.

Para definirmos o local de instalação dos ECOPONTOS, devemos levar em consideração os seguintes fatores:

- Capacidade de deslocamento dos pequenos coletores em cada viagem, resultando em uma distância máxima entre 1,5 Km e 5,0 Km;
- A altimetria da região;
- Outras barreiras naturais que impeçam ou dificultem o acesso.

Os ECOPONTOS devem ocupar áreas públicas ou privadas cedidas em parceria. Essas áreas devem ter entre 150m² e 600m². As áreas públicas podem ser bens dominiais, áreas institucionais subutilizadas ou ainda, áreas verdes degradadas.

O projeto de cada ECOPONTO deve:

- Prever instalação de cerca viva nos limites da área, para reforçar a imagem de qualidade ambiental do equipamento público;
- Diferenciar os espaços para a recepção dos resíduos que tenham de ser triados, para que a remoção seja realizada por circuitos de coleta;
- Aproveitar desníveis existentes, ou criar um platô, para que a descarga dos resíduos pesados seja feita diretamente nas caçambas metálicas estacionárias;
- Garantir espaço para manobras de veículos;
- Preparar placa, totem ou outro dispositivo que identifique o local e ainda que demonstre para a população a finalidade dessa instalação pública como local correto de destinação de resíduos especiais, construção civil e poda;
- Guarita e sanitário, para facilitar a presença contínua de um funcionário.

Em geral a entrega se fará de forma voluntária, e sustentada por amplo processo de educação ambiental e de fiscalização. Esta por sua vez, deverá ter suporte jurídico. Para tanto é necessário que seja definido em Lei, a obrigatoriedade da entrega de resíduos específicos como Resíduos da Construção Civil, Resíduos Verdes e Resíduos Especiais nos ECOPONTOS.

É ainda necessário que o funcionário encarregado pelo ECOPONTO passe por treinamento específico sobre o manejo de cada tipo de resíduo recebido. Alguns aspectos devem ser abordados no decorrer do treinamento, tais como:

- O limite estabelecido para o volume máximo das cargas individuais de resíduos que podem ser recebidos na unidade. A quantidade máxima a ser recebida é de 1m³/ mês/ gerador ;
- Impedimento do descarte de resíduos orgânicos domiciliares;

- Organização racional dos resíduos recebidos a fim de possibilitar a otimização de circuitos de coleta.

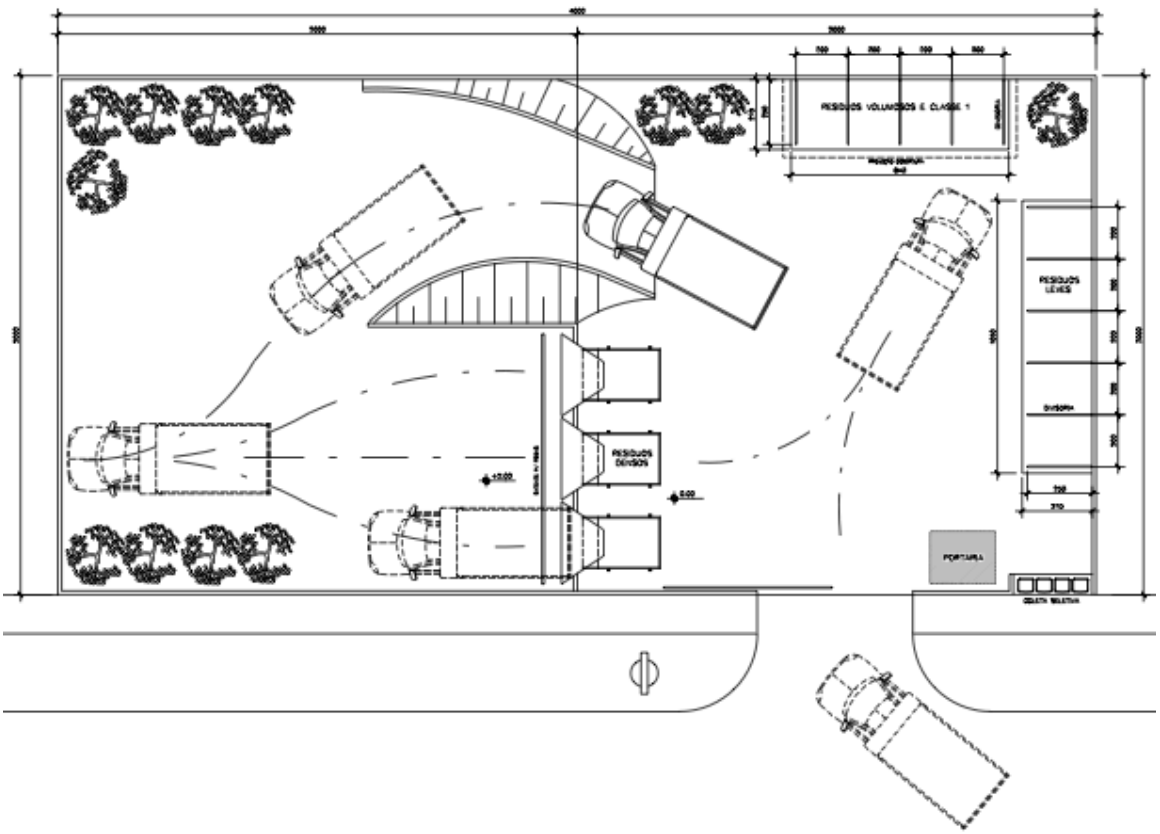
A correta gestão dos resíduos, com a redução da sua produção e promoção da reutilização e reciclagem de materiais é uma questão que identifica o nosso percurso ao buscarmos o desenvolvimento sustentável. Colocamos à prova a nossa capacidade de inverter as atuais tendências de consumo de matérias-primas, e consequentemente de recursos naturais.

Nesse contexto, a educação, informação e sensibilização são sem dúvida os principais caminhos para introduzirmos a promoção da mudança de atitudes e hábitos das populações, despertando assim o que denominamos de consciência ecológica.

Assim, as ações propostas de valorização de resíduos irão garantir a sensibilização e incentivar mudanças de comportamento, em termos de adesão e participação efetivas da população no programa de coleta seletiva.

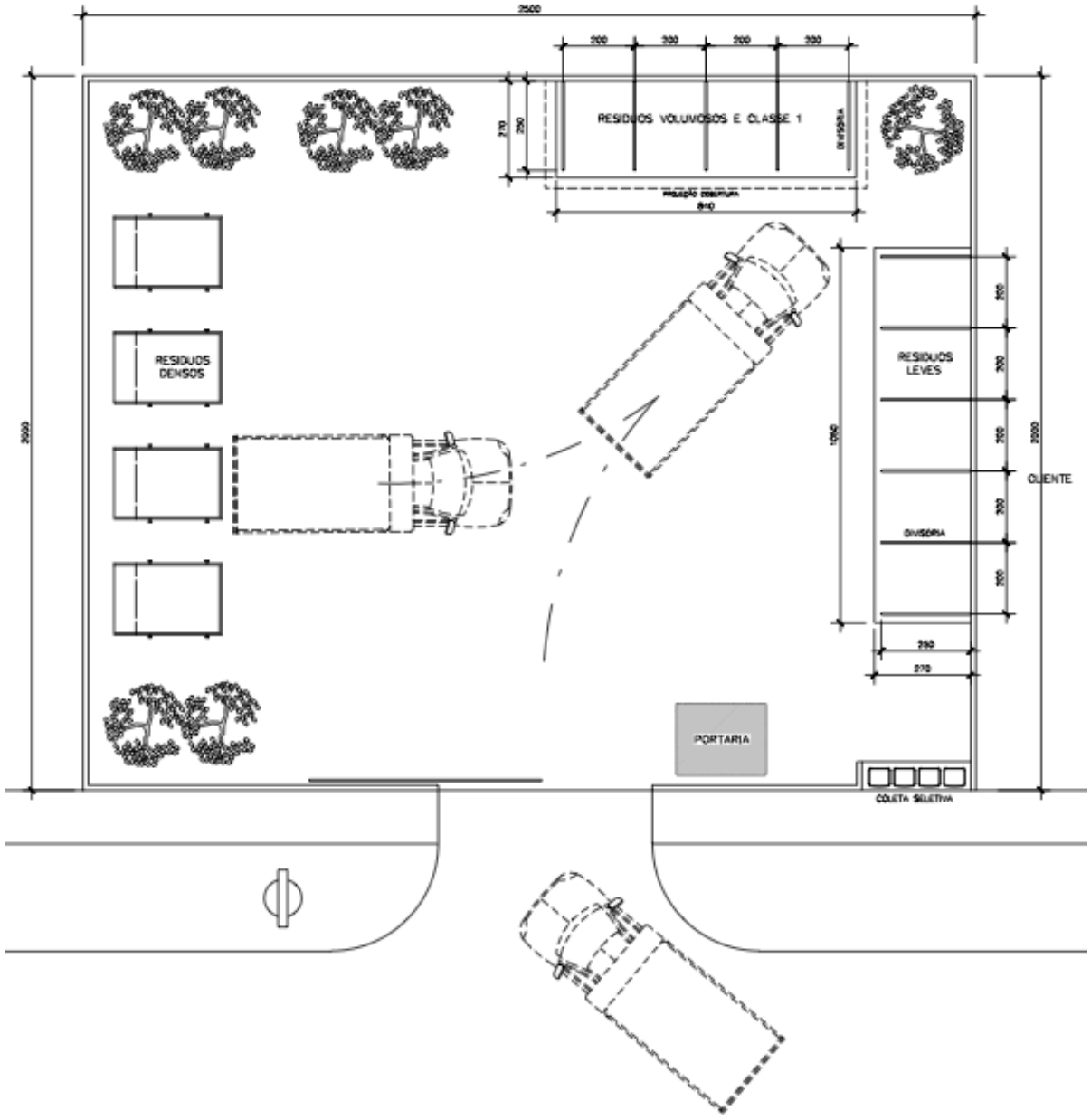
Para tanto a instalação de ECOPONTOS torna-se um dos instrumentos importantes para alcançarmos estes resultados, quais sejam: a adesão e participação da sociedade na gestão dos resíduos sólidos no município.

Figura 26-2 – Área de ECOPONTO – 500 m² (1:100)



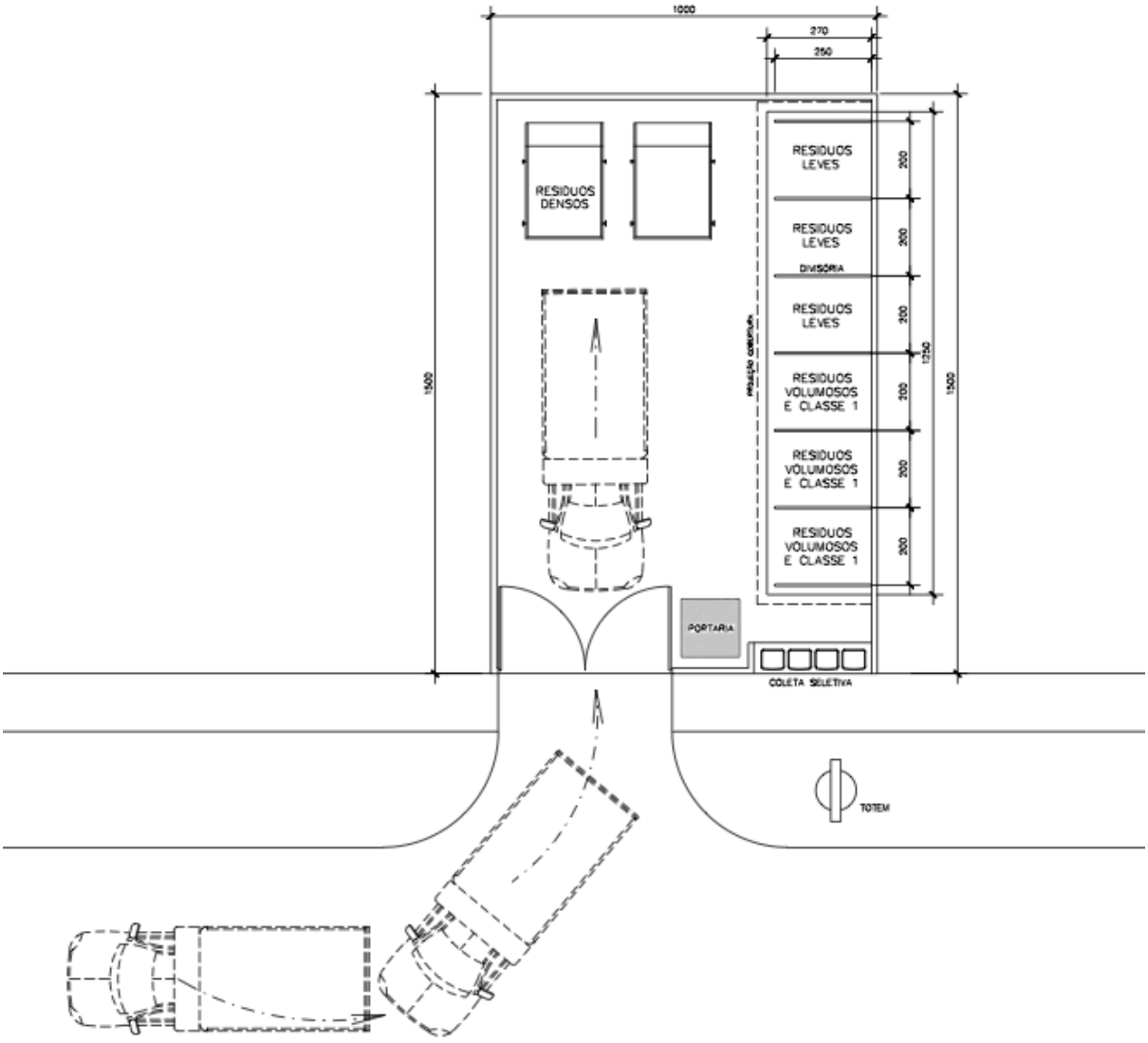
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Figura 26-3 – Área de ECOPONTO – 250 m² (1:100)



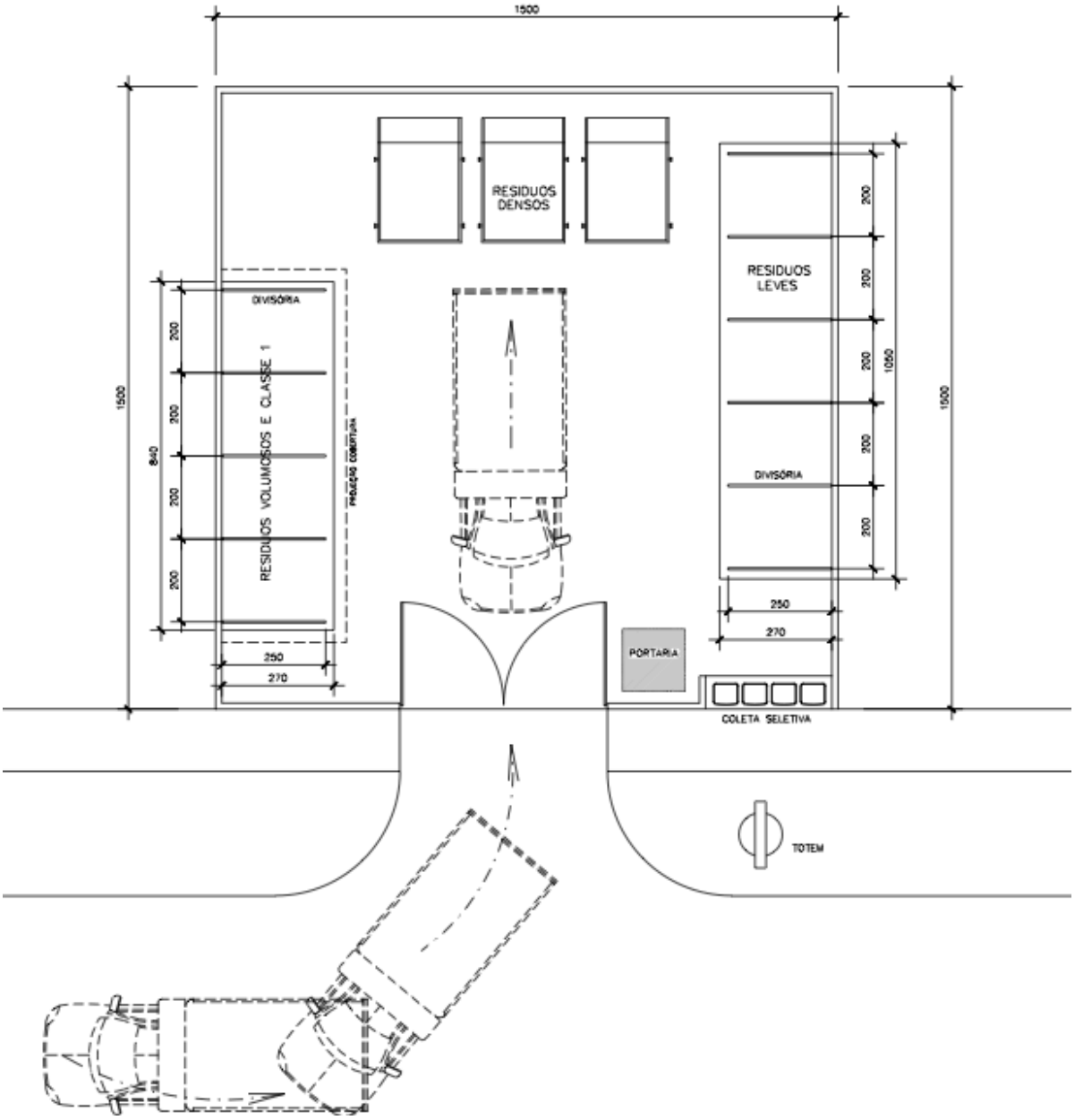
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Figura 26-4 - Área de ECOPONTO – 150,00 m² (1:100)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Figura 26-5 - Área de ECOPONTO – 225,00 m² (1:100)



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Tabela 26-1 – Orçamento para de implantação do ECOPONTO modelo 2 (Figura 26-2)

IMPLANTAÇÃO DO ECOPONTO MODELO 2

Área do Ecoponto modelo 2 = 500 m²

			Ecoponto tipo 2 A = 500 m²	Valor base outubro 2015	Ecoponto tipo 2 A = 500 m²
Item	**Descrição**	**Un**	**Quant.**	**Custo unitário R$**	**Custo total R$**
1	**Implantação geral**		-		
1.1	Bota-fora de terra	m³	90,00	36,45	3.280,50
1.2	Raspagem do terreno	m²	500,00	21,87	10.935,00
1.3	Espalhamento de brita	m³	25,00	13,37	334,25
1.4	Cercamento do terreno com mourão e mureta	m	84,80	230,37	19.535,38
1.5	Broca diâmetro 25 cm	m	3,00	81,38	244,14
1.6	Portão de caminhões, inclusive com pintura	m²	12,00	446,13	5.353,56
2	**Área de Resíduos (a)**		-	-	-
2.1	Estrutura metálica para fechamentos laterais e cobertura	kg	619,70	25,08	15.541,95
2.2	Telha metálica galvanizada trapezoidal	m²	56,30	76,31	4.296,25
2.3	Lastro de brita	m³	0,68	214,99	146,28
2.4	Piso estrutural de concreto armado espessura 7 cm	m²	22,68	102,66	2.328,33
3	**Resíduos Leves**		-	-	-
3.1	Lastro de brita	m³	0,85	214,99	182,85
3.2	Piso estrutural de concreto armado espessura 7 cm	m²	28,35	102,66	2.910,41
3.3	Estrutura metálica para fechamentos laterais	kg	261,50	25,08	6.558,42
3.4	Telha metálica galvanizada trapezoidal	m²	33,00	76,31	2.518,23
4	**Complementos**		-	-	-
4.1	Container Portaria/WC	un	1,00	10.936,49	10.936,49
4.2	Lixeiras para coleta seletiva conjunto com 4 unidades	cj	1,00	3.645,50	3.645,50
4.3	Passeio de concreto	m³	2,43	822,62	2.000,61
4.4	Reservatório de água 500 litros	un	1,00	1.008,76	1.008,76
4.5	Instalações hidráulicas AF/Esgoto	vb	1,00	1.944,27	1.944,27
4.6	Instalações elétricas Iluminação/Tomada	vb	1,00	2.916,40	2.916,40
4.7	Caixa de inspeção 60x60 cm	un	1,00	1.579,72	1.579,72
4.8	Fossa séptica	un	1,00	4.198,81	4.198,81
4.9	Sumidouro	un	1,00	934,05	934,05
4.10	Placa do empreendimento (comunicação visual)	un	1,00	5.346,73	5.346,73
4.11	Caixa de medição de Energia	un	1,00	3.030,62	3.030,62
4.12	Cavalete de entrada, entrada de água	un	1,00	1.384,50	1.384,50
	TOTAL PARA 1 ECOPONTO DE 500 m²				**113.092,01**

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Tabela 26-2 – Orçamento para implantação e operação do ECOPONTO modelo 2 (Figura 26-2) – base 60 meses

Item	Descrição	Un	ECOPONTO DE 500 m2		
			Quantidade	Custo Unitário R$	Custo Total R$
A	**OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO**				
A.1	**EQUIPE DIRETA (INCLUSIVE ENCARGOS, UNIFORMES, BENEFÍCIOS)**				**8.000,00**
A.1.1	Ajudante Geral	hom/mês	2,00	4.000,00	8.000,00
					-
A.2	**CONSUMOS OPERACIONAIS**				**10.500,00**
A.2.1	Energia Elétrica	vb/mês	1,00	1.000,00	1.000,00
A.2.2	Água e Esgoto	vb/mês	1,00	500,00	500,00
A.2.3	Comunicação (internet, telefonia fixa, móvel, rádios)	vb/mês	1,00	1.000,00	1.000,00
A.2.4	Despesas Administrativas	vb/mês	1,00	5.000,00	5.000,00
A.2.5	Outras despesas	vb/mês	1,00	2.000,00	2.000,00
A.2.6	Monitoramento da segurança	vb/mês	1,00	1.000,00	1.000,00
	TOTAL PARA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO - R$ - Estimativa/mês	**MÊS**	**1,00**	**18.500,00**	**18.500,00**
	TOTAL PARA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO - R$ - Estimativa/60 meses	**MÊS**	**60,00**	**18.500,00**	**1.110.000,00**
B	**IMPLANTAÇÃO DOS ECOPONTOS**				**113.092,01**
B.1	Implantação dos Ecopontos (obras e infraestrutura)	cj	1,00	113.092,01	113.092,01
					-
					-
	TOTAL PARA IMPLANTAÇÃO DO ECOPONTO	**vb**	**1,00**	**113.092,01**	**113.092,01**
	RESUMO				
	CUSTO TOTAL PARA OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E IMPLANTAÇÃO DE ECOPONTO - PARA 60 MESES DE OPERAÇÃO	**mês**	**60,00**	**20.384,87**	**1.223.092,01**
	BDI	**%**	**35,00**	**1.223.092,01**	**428.082,20**
	VALOR TOTAL PARA OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E IMPLANTAÇÃO DE ECOPONTO - PARA 60 MESES DE OPERAÇÃO COM BDI	**mês**	**60,00**	**27.519,57**	**1.651.174,21**

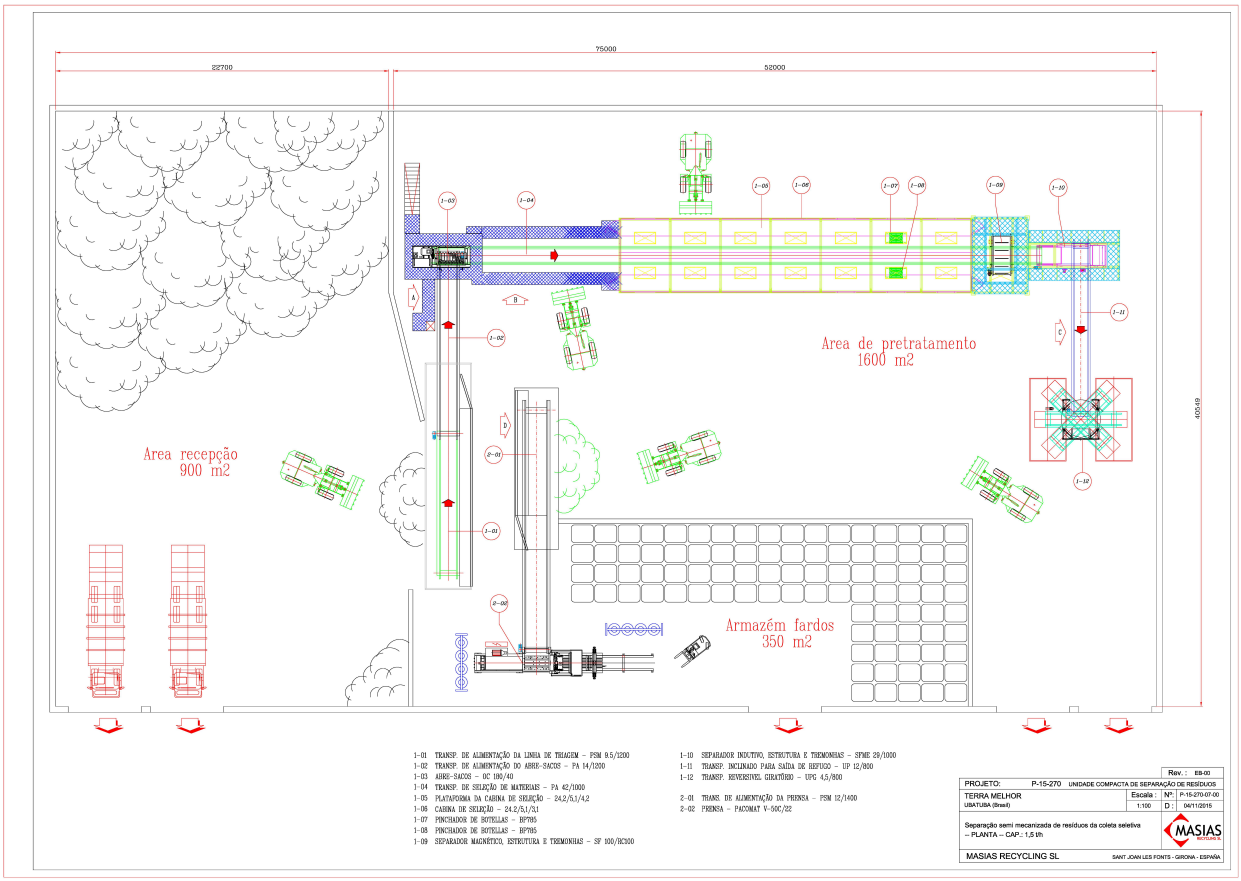
Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

26.2 OTIMIZAÇÃO DE TRIAGEM DE RECICLÁVEIS ORIUNDOS DA COLETA SELETIVA

A coleta seletiva no município é realizada pela prefeitura e abrange 28 dos 50 bairros tendo como média diária de coleta cerca de 1 tonelada. Nossa proposta é ampliar a coleta seletiva para que se alcance 8-10 t/d, representando 90-170 t/m, ou seja algo como 5-9 % da coleta tradicional.

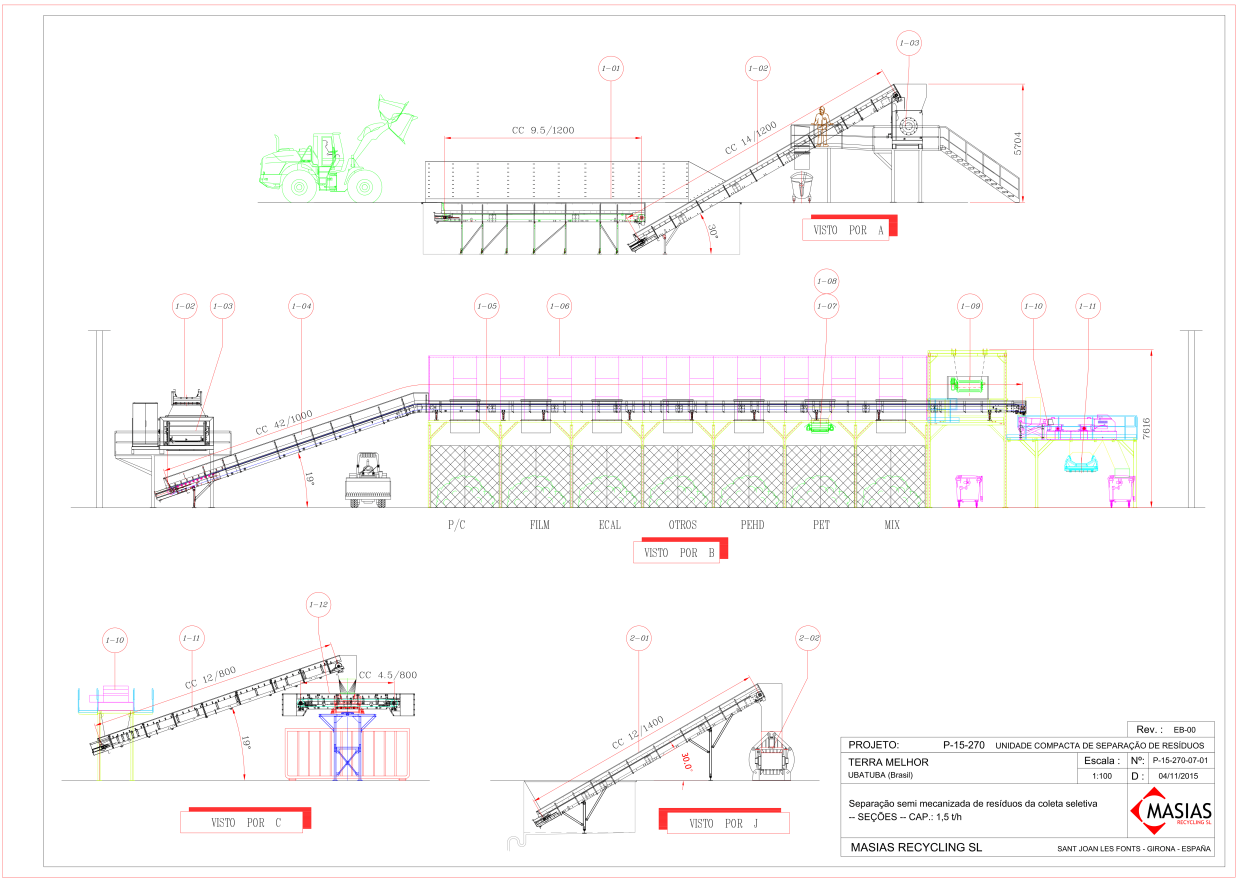
Para tal serão necessários aparelhamento e investimento em um galpão de triagem. As Figura 26-6 a Figura 26-8 em seguida apresentam uma planta de separação de resíduos recicláveis para um projeto de 10 t/d de resíduos advindos da coleta seletiva e assim um turno de trabalho de 7,5 horas, o que resulta em uma quantidade horária entre 1,25 e 1,5 t/h.

Figura 26-6 – Visão geral da unidade compacta de separação de resíduos recicláveis



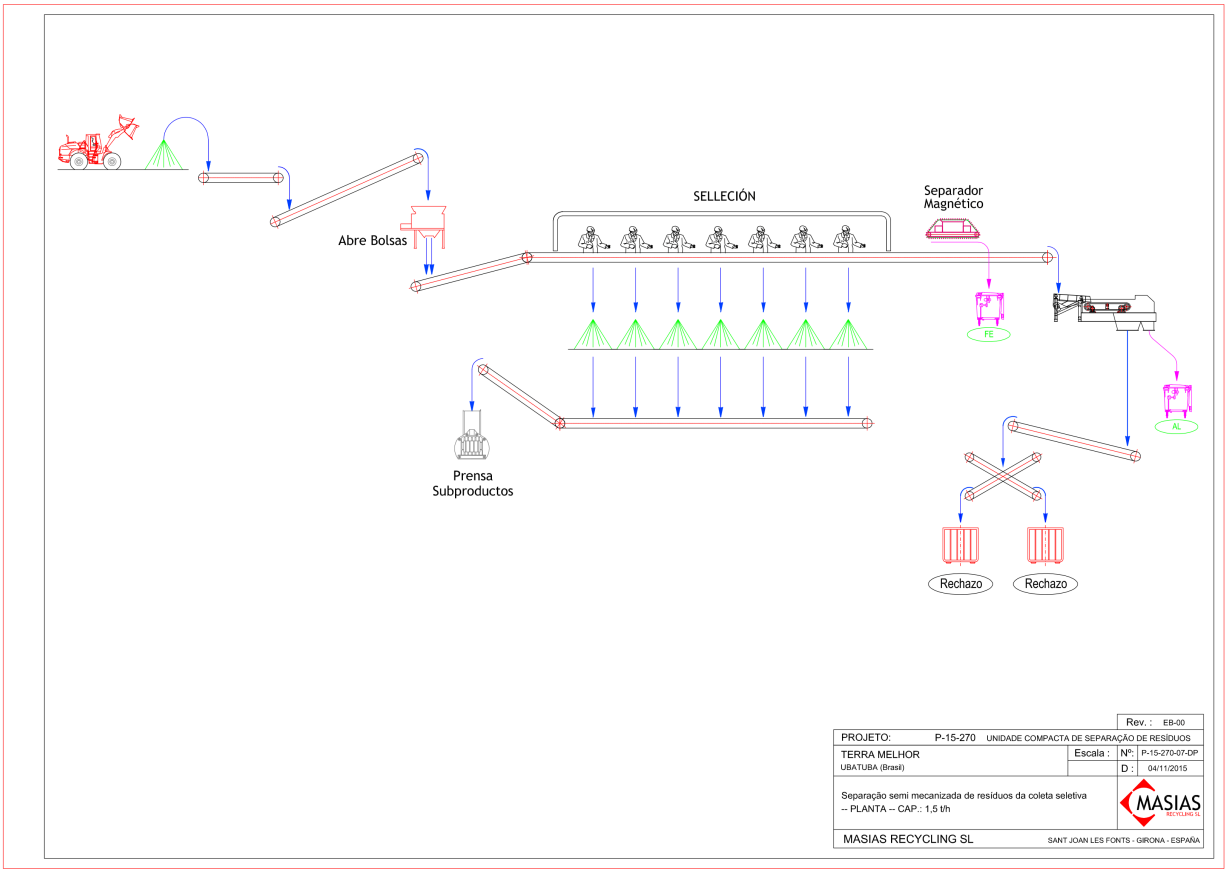
Fonte: MASIAS Recycling SL, 2015.

Figura 26-7 - Seções transversais – Unidade de separação de recicláveis



Fonte: MASIAS Recycling SL, 2015.

Figura 26-8 – Fluxograma resumido do encaminhamento do processo de separação



Fonte: MASIAS Recycling SL, 2015.

A tabela a seguir retrata um orçamento para a implantação e operação da unidade de triagem de recicláveis com área de 3000 m² onde irão operar 30 pessoas com uma produtividade de 10 t/d.

Tabela 26-3 – Orçamento para implantação da unidade de separação de recicláveis

Item	Descrição	Un	Quantidade	Custo Unitário R$	Custo Total R$
A	**OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO**				
A.1	**EQUIPE DIRETA (INCLUSIVE ENCARGOS, UNIFORMES, BENEFÍCIOS)**				**128.000,00**
A.1.1	Ajudante Geral	hom/mês	27,00	4.000,00	108.000,00
A.1.2	Encarregado	hom/mês	1,00	8.000,00	8.000,00
A.1.3	Operador	hom/mês	2,00	6.000,00	12.000,00
A.2	**CONSUMOS OPERACIONAIS**				**60.500,00**
A.2.1	Energia Elétrica	vb/mês	1,00	1.000,00	1.000,00
A.2.2	Água e Esgoto	vb/mês	1,00	500,00	500,00
A.2.3	Comunicação (internet, telefonia fixa, móvel, rádios)	vb/mês	1,00	1.000,00	1.000,00
A.2.4	Despesas Administrativas	vb/mês	1,00	5.000,00	5.000,00
A.2.5	Outras despesas	vb/mês	1,00	2.000,00	2.000,00
A.2.6	Monitoramento da segurança	vb/mês	1,00	1.000,00	1.000,00
A.2.7	Locação de retroescavadeira com operador e combustivel	vb/mês	2,00	25.000,00	50.000,00
	TOTAL PARA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO - R$ - Estimativa/mês	**MÊS**	**1,00**	**188.500,00**	**188.500,00**
	TOTAL PARA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO - R$ - Estimativa/60 meses	**MÊS**	**60,00**	**188.500,00**	**11.310.000,00**
B	**IMPLANTAÇÃO DA TRIAGEM - 3000 M²**				**6.100.000,00**
B.1	Implantação (obras e infraestrutura)	cj	3.000,00	600,00	1.800.000,00
B.2	Equipamento	cj	1,00	4.300.000,00	4.300.000,00
	TOTAL PARA IMPLANTAÇÃO DA TRIAGEM	**vb**	**1,00**	**6.100.000,00**	**6.100.000,00**
	RESUMO				
	CUSTO TOTAL PARA OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E IMPLANTAÇÃO DA COMPOSTAGEM - PARA 60 MESES DE OPERAÇÃO	**mês**	**60,00**	**290.166,67**	**17.410.000,00**
	BDI	**%**	**35,00**	**17.410.000,00**	**6.093.500,00**
	VALOR TOTAL PARA OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E IMPLANTAÇÃO DA COMPOSTAGEM - PARA 60 MESES DE OPERAÇÃO COM BDI	**mês**	**60,00**	**391.725,00**	**23.503.500,00**

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

26.3 COMPOSTAGEM DE VERDES, DE RESÍDUOS DA PESCA, DE RESÍDUOS DE FEIRAS E DE COCOS

A licença de instalação nº 35000056 disponível para a atividade de compostagem remonta a uma capacidade operacional de 10 t/d. Desta forma vimos propor projeto de intervenção imediata para compostagem de resíduos verdes, de pesca, feiras e cocos e lodos totalizando 8 t/d a serem processadas. Com a implantação deste projeto serão gerados cerca de 45 t/m de composto de qualidade superior, com granulometria < 20 mm e 50 t/m de frações com granulometria média variando entre 20-40mm e ainda outras 30 t/m de frações com granulometria entre 40-60 mm.

Considerando a possível presença de contaminantes na forma de plásticos, vidros, temos que as frações 0-40 mm serão entendidas como àquelas com potencial de emprego como composto (45 t/m)ou durante remediação de áreas (50 t/m).

Avaliando os valores estimados da geração de alguns resíduos específicos temos uma potencialidade para uma captação descomplicada de orgânicos altamente selecionados, como segue:

Tabela 26-4 – Potencialidade de geração de resíduos específicos

Características	Geração t/a
Verdes	1.440
Peixes	100
Feiras	72
Lodos sabesp	690
Lodos coambiental	55
Total anual	2.400 t
Total mensal	200 t
Total diário	8 t

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Segundo dados do Censo Agropecuário LUPA de 2007/2008, a área agrícola de Ubatuba era de 6.843 ha. Para avaliação do potencial de emprego do composto podemos tomar como referência a recomendação de esterco de curral na ordem de 15 a 20 t por ha, teríamos um total de: 102.645 a 136.860 toneladas/ano, ou seja, 8.553 a 11.445 t/m, representando uma potencialidade de emprego de 100 % da quantidade estimada de composto a ser produzido tanto na fase de intervenção imediata até mesmo durante o projeto integral.

Ou seja, o mercado de Ubatuba detêm alto potencial para escoamento do composto, possuindo demanda suficiente para garantir a destinação integral do composto < 20 mm que poderia ser produzido na planta TMB, respectivamente cerca de 9.000 t/a, e mesmo alguma aplicação para as frações entre 20-40 mm, estas na ordem de 9.800 t/a. Portanto apenas as parcelas > 40 mm (6.500 t/a) e uma parcela das frações 20-40mm deverão ser destinadas ao aterramento.

Tabela 26-5 - Orçamento para a implantação da compostagem

IMPLANTAÇÃO DA COMPOSTAGEM

Área da Compostagem = 1000 m²

			500 m²	1000 m²	Valor base outubro 2015	1000 m²
Item	**Descrição**	**Un**	**Quant.**		**Custo unitário R$**	**Custo total R$**
1	Implantação geral		-			
1.1	Bota-fora de terra	m^3	90,00	180,00	36,45	6.561,00
1.2	Raspagem do terreno	m^2	500,00	1.000,00	21,87	21.870,00
1.3	Espalhamento de brita	m^3	25,00	50,00	13,37	668,50
1.4	Cercamento do terreno com mourão e mureta	m	84,80	169,60	230,37	39.070,75
1.5	Broca diâmetro 25 cm	m	3,00	6,00	81,38	488,28
1.6	Portão de caminhões, inclusive com pintura	m^2	12,00	24,00	446,13	10.707,12
2	Área de Resíduos (a)		-	-	-	-
2.1	Estrutura metálica para fechamentos laterais e cobertura	kg	619,70	1.239,39	25,08	31.083,90
2.2	Telha metálica galvanizada trapezoidal	m^2	56,30	112,60	76,31	8.592,51
2.3	Lastro de brita	m^3	0,68	1,36	214,99	292,56
2.4	Piso estrutural de concreto armado espessura 7 cm	m^2	22,68	45,36	102,66	4.656,66
3	Resíduos Leves		-	-	-	-
3.1	Lastro de brita	m^3	0,85	1,70	214,99	365,70
3.2	Piso estrutural de concreto armado espessura 7 cm	m^2	28,35	56,70	102,66	5.820,82
3.3	Estrutura metálica para fechamentos laterais	kg	261,50	523,00	25,08	13.116,84
3.4	Telha metálica galvanizada trapezoidal	m^2	33,00	66,00	76,31	5.036,46
4	Complementos		-	-	-	-
4.1	Container Portaria/WC	un	1,00	2,00	10.936,49	21.872,98
4.2	Lixeiras para coleta seletiva conjunto com 4 unidades	cj	1,00	2,00	3.645,50	7.291,00
4.3	Passeio de concreto	m^3	2,43	4,86	822,62	4.001,22
4.4	Reservatório de água 500 litros	un	1,00	2,00	1.008,76	2.017,52
4.5	Instalações hidráulicas AF/Esgoto	vb	1,00	2,00	1.944,27	3.888,54
4.6	Instalações elétricas Iluminação/Tomada	vb	1,00	2,00	2.916,40	5.832,80
4.7	Caixa de inspeção 60x60 cm	un	1,00	2,00	1.579,72	3.159,44
4.8	Fossa séptica	un	1,00	2,00	4.198,81	8.397,62
4.9	Sumidouro	un	1,00	2,00	934,05	1.868,10
4.10	Placa do empreendimento (comunicação visual)	un	1,00	2,00	5.346,73	10.693,46
4.11	Caixa de medição de Energia	un	1,00	2,00	3.030,62	6.061,24
4.12	Cavalete de entrada, entrada de água	un	1,00	2,00	1.384,50	2.769,00
	TOTAL PARA 1000 M²					**226.184,02**

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Tabela 26-6 – Orçamento estimativa com operação e manutenção de planta de compostagem

Item	Descrição	Un	Quantidade	Custo Unitário R$	Custo Total R$
A	**OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO**				
A.1	**EQUIPE DIRETA (INCLUSIVE ENCARGOS, UNIFORMES, BENEFÍCIOS)**				**28.000,00**
A.1.1	Ajudante Geral	hom/mês	2,00	4.000,00	8.000,00
A.1.2	Encarregado	hom/mês	1,00	8.000,00	8.000,00
A.1.3	Operador	hom/mês	2,00	6.000,00	12.000,00
A.2	**CONSUMOS OPERACIONAIS**				**35.500,00**
A.2.1	Energia Elétrica	vb/mês	1,00	1.000,00	1.000,00
A.2.2	Água e Esgoto	vb/mês	1,00	500,00	500,00
A.2.3	Comunicação (internet, telefonia fixa, móvel, rádios)	vb/mês	1,00	1.000,00	1.000,00
A.2.4	Despesas Administrativas	vb/mês	1,00	5.000,00	5.000,00
A.2.5	Outras despesas	vb/mês	1,00	2.000,00	2.000,00
A.2.6	Monitoramento da segurança	vb/mês	1,00	1.000,00	1.000,00
A.2.7	Locação de retroescavadeira com operador e combustivel	vb/mês	1,00	25.000,00	25.000,00
	TOTAL PARA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO - R$ - Estimativa/mês	**MÊS**	**1,00**	**63.500,00**	**63.500,00**
	TOTAL PARA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO - R$ - Estimativa/60 meses	**MÊS**	**60,00**	**63.500,00**	**3.810.000,00**
B	**IMPLANTAÇÃO DA COMPOSTAGEM**				**1.606.184,02**
B.1	Implantação da compostagem (obras e infraestrutura)	cj	1,00	226.184,02	226.184,02
B.2	Equipamento de compostagem	cj	6,00	80.000,00	480.000,00
B.3	Peneira	cj	1,00	500.000,00	500.000,00
B.4	Triturador	cj	1,00	400.000,00	400.000,00
	TOTAL PARA IMPLANTAÇÃO DA COMPOSTAGEM	**vb**	**1,00**	**1.606.184,02**	**1.606.184,02**
	RESUMO				
	CUSTO TOTAL PARA OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E IMPLANTAÇÃO DA COMPOSTAGEM - PARA 60 MESES DE OPERAÇÃO	**mês**	**60,00**	**90.269,73**	**5.416.184,02**
	BDI	**%**	**35,00**	**5.416.184,02**	**1.895.664,41**
	VALOR TOTAL PARA OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E IMPLANTAÇÃO DA COMPOSTAGEM - PARA 60 MESES DE OPERAÇÃO COM BDI	**mês**	**60,00**	**121.864,14**	**7.311.848,43**

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Figura 26-9 – Tecnologia de compostagem - Contêiner



Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

26.4 RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A licença de instalação nº 35000055 disponível para a atividade de reciclagem de construção civil remonta a uma capacidade operacional de 30 t/d. Desta forma, vimos propor projeto de intervenção imediata para reciclagem de 30 t/d de RCC.

Tabela 26-7 – Orçamento para a implantação da reciclagem de RCC

IMPLANTAÇÃO DA RECICLAGEM DE RCC

Área da reciclagem = 1000 m²

			500 m²	1000 m²	Valor base outubro 2015	1000 m²
Item	**Descrição**	**Un**	**Quant.**		**Custo unitário R$**	**Custo total R$**
1	Implantação geral		-			
1.1	Bota-fora de terra	m³	90,00	180,00	36,45	6.561,00
1.2	Raspagem do terreno	m²	500,00	1.000,00	21,87	21.870,00
1.3	Espalhamento de brita	m³	25,00	50,00	13,37	668,50
1.4	Cercamento do terreno com mourão e mureta	m	84,80	169,60	230,37	39.070,75
1.5	Broca diâmetro 25 cm	m	3,00	6,00	81,38	488,28
1.6	Portão de caminhões, inclusive com pintura	m²	12,00	24,00	446,13	10.707,12
2	Área de Resíduos (a)		-	-	-	-
2.1	Estrutura metálica para fechamentos laterais e cobertura	kg	619,70	1.239,39	25,08	31.083,90
2.2	Telha metálica galvanizada trapezoidal	m²	56,30	112,60	76,31	8.592,51
2.3	Lastro de brita	m³	0,68	1,36	214,99	292,56
2.4	Piso estrutural de concreto armado espessura 7 cm	m²	22,68	45,36	102,66	4.656,66
3	Resíduos Leves		-	-	-	-
3.1	Lastro de brita	m³	0,85	1,70	214,99	365,70
3.2	Piso estrutural de concreto armado espessura 7 cm	m²	28,35	56,70	102,66	5.820,82
3.3	Estrutura metálica para fechamentos laterais	kg	261,50	523,00	25,08	13.116,84
3.4	Telha metálica galvanizada trapezoidal	m²	33,00	66,00	76,31	5.036,46
4	Complementos		-	-	-	-
4.1	Container Portaria/WC	un	1,00	2,00	10.936,49	21.872,98
4.2	Lixeiras para coleta seletiva conjunto com 4 unidades	cj	1,00	2,00	3.645,50	7.291,00
4.3	Passeio de concreto	m³	2,43	4,86	822,62	4.001,22
4.4	Reservatório de água 500 litros	un	1,00	2,00	1.008,76	2.017,52
4.5	Instalações hidráulicas AF/Esgoto	vb	1,00	2,00	1.944,27	3.888,54
4.6	Instalações elétricas Iluminação/Tomada	vb	1,00	2,00	2.916,40	5.832,80
4.7	Caixa de inspeção 60x60 cm	un	1,00	2,00	1.579,72	3.159,44
4.8	Fossa séptica	un	1,00	2,00	4.198,81	8.397,62
4.9	Sumidouro	un	1,00	2,00	934,05	1.868,10
4.10	Placa do empreendimento (comunicação visual)	un	1,00	2,00	5.346,73	10.693,46
4.11	Caixa de medição de Energia	un	1,00	2,00	3.030,62	6.061,24
4.12	Cavalete de entrada, entrada de água	un	1,00	2,00	1.384,50	2.769,00
	TOTAL PARA 1000 M²					**226.184,02**

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

Tabela 26-8 – Orçamento estimativo com operação e manutenção de planta de reciclagem de RCC

Item	Descrição	Un	Quantidade	Custo Unitário R$	Custo Total R$
A	**OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO**				
A.1	**EQUIPE DIRETA (INCLUSIVE ENCARGOS, UNIFORMES, BENEFÍCIOS)**				**28.000,00**
A.1.1	Ajudante Geral	hom/mês	2,00	4.000,00	8.000,00
A.1.2	Encarregado	hom/mês	1,00	8.000,00	8.000,00
A.1.3	Operador	hom/mês	2,00	6.000,00	12.000,00
A.2	**CONSUMOS OPERACIONAIS**				**35.500,00**
A.2.1	Energia Elétrica	vb/mês	1,00	1.000,00	1.000,00
A.2.2	Água e Esgoto	vb/mês	1,00	500,00	500,00
A.2.3	Comunicação (internet, telefonia fixa, móvel, rádios)	vb/mês	1,00	1.000,00	1.000,00
A.2.4	Despesas Administrativas	vb/mês	1,00	5.000,00	5.000,00
A.2.5	Outras despesas	vb/mês	1,00	2.000,00	2.000,00
A.2.6	Monitoramento da segurança	vb/mês	1,00	1.000,00	1.000,00
A.2.7	Locação de retroescavadeira com operador e combustivel	vb/mês	1,00	25.000,00	25.000,00
	TOTAL PARA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO - R$ - Estimativa/mês	**MÊS**	**1,00**	**63.500,00**	**63.500,00**
	TOTAL PARA OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO - R$ - Estimativa/60 meses	**MÊS**	**60,00**	**63.500,00**	**3.810.000,00**
B	**IMPLANTAÇÃO DA RECICLAGEM DE RCC**				**1.426.184,02**
B.1	Implantação (obras e infraestrutura)	cj	1,00	226.184,02	226.184,02
B.2	Equipamento de britagem	cj	1,00	800.000,00	800.000,00
B.3	Peneira	cj	1,00	400.000,00	400.000,00
					-
	TOTAL PARA IMPLANTAÇÃO DA RECICLAGEM DE RCC	**vb**	**1,00**	**1.426.184,02**	**1.426.184,02**
	RESUMO				
	CUSTO TOTAL PARA OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E IMPLANTAÇÃO DA RECICLAGEM DE RCC - PARA 60 MESES DE OPERAÇÃO	**mês**	**60,00**	**87.269,73**	**5.236.184,02**
	BDI	**%**	**35,00**	**5.236.184,02**	**1.832.664,41**
	VALOR TOTAL PARA OPERAÇÃO, MANUTENÇÃO E IMPLANTAÇÃO DA RECICLAGEM DE RCC - PARA 60 MESES DE OPERAÇÃO COM BDI	**mês**	**60,00**	**117.814,14**	**7.068.848,43**

Fonte: Elaborado pelo autor, 2015.

27 Conclusões

As práticas de tratamento tomaram força no mercado global a partir do entendimento de que os aterros tem um potencial de influência nas emissões de gases de efeito estufa elevado, as práticas de engenharia não conseguem afastar o potencial de contaminação a médio e longo prazo, as ações de manutenção após o encerramento são onerosas, os recursos naturais estão se tornando cada vez mais valorizados portanto o mercado de recursos secundários tem ganhado força devido a este fato, o valor dos recursos energéticos estão cada vez mais caros, a demanda alimentícia está acentuada para o atendimento de uma população que cresce de forma desenfreada e a sociedade tem se tornado mais sensível as ações que determinam a proteção e preservação ambiental.

A combinação de todos estes fatores gerou uma onda de âmbito global extremamente contaminante, variando entre países de alta industrialização, como a Alemanha, até países com baixo desenvolvimento como o Haiti que exporta seus recicláveis para o Paquistão. Todos em prol da recuperação dos materiais a partir da mola propulsora da economia verde. O mercado tem motivado estas novas práticas. Podemos apresentar um rol de argumentos para a valorização dos resíduos, mas o que efetivamente movimentará o sistema é o entendimento de que existe uma cadeia econômica intensa neste segmento de mercado. A sociedade pode amparar as novas práticas, o poder público pode garantir através de política pública a implementação dos novos sistemas, porém a sustentabilidade dos novos processos de tratamento só estará garantida quando da aceitação e confiança do mercado.

Cidades brasileiras de médio porte já firmaram contratos para implantação de sistemas de valorização de resíduos onde as tecnologias escolhidas foram preferencialmente o tratamento mecânico e biológico com duas variações na forma de incineração. Estes contratos atendem populações que variam de 200.000 a 900.000 habitantes. Diversos editais estão em elaboração, inclusive para a cidade de São Paulo que apesar de sua magnitude de geração, também escolheu o tratamento mecânico e biológico como sua principal rota tecnológica.

Estamos vivenciando um momento divisor de águas, reconhecimento do mercado, político e da sociedade, tecnologias amadurecidas, políticas de proteção e preservação ambiental, geração de empregos verdes fomentando a inclusão social, todos fatores positivos para o amparo da introdução da gestão sustentável de resíduos sólidos, mas não podemos nos omitir frente ao nosso maior gargalo que é insuficiência de capacidade técnica do mercado brasileiro para o recebimento destes novos sistemas.

É neste ponto que devemos concentrar nossos esforços, formar câmaras de trabalho em todos os níveis, introduzir a educação ambiental de forma multidisciplinar e transversal seja na educação formal seja na informal, promover parcerias de pesquisa e capacitação, empregar os meios midiáticos para fins de disseminar e democratizar

as informações, firmar acordos institucionais para compartilhamento das experiências, fomentar congressos, seminários e workshops técnicos facilitando o acesso e as discussões entre os técnicos do setor, permitir que a sociedade tenha acesso as novas plantas para que possa vivenciar a transformação dos resíduos, fazendo com que cada cidadão se torne um agente multiplicador.

A princípio estas tarefas são de fácil empregabilidade, porém pressupõem vontade e persistência, características estas escassas em nosso meio político, acostumado a desfazer ações de antecessores. Cabe então a sociedade como um todo, exigir intervenções comprometidas com a qualidade e durabilidade do sistema, até porque a capacitação técnica é a única ferramenta para garantir a continuidade das plantas de tratamento.

Portanto, a implementação do projeto de tratamento mecânico e biológico desenvolverá expertise em diversas frentes garantindo assim um meio ambiente sustentável, promovendo nossas indústrias, gerando empregos verdes e preservando nossas gerações futuras devido à proteção dos recursos naturais e do clima.

A Iniciativa Economia Verde do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma), lançada em 2008, concebe a Economia Verde como aquela que resulta em melhoria do bem-estar humano e da igualdade social, ao mesmo tempo em que reduz significativamente os riscos ambientais e a escassez ecológica. Ela tem três características preponderantes: é pouco intensiva em carbono, eficiente no uso de recursos naturais e socialmente inclusiva.

Para alcançar estes pressupostos precisaremos reinventar nossa estrutura econômica, passando não apenas a valorizar os recursos secundários mas sobretudo garantir a inclusão de um setor social formado como associações/cooperativas (economia solidária) durante a promoção da gestão sustentável de resíduos sólidos e ainda formar parcerias com o setor privado para que este também introduza os novos conceitos de valorização em suas práticas econômicas, assumindo assim, em caráter voluntário compromissos sócio-ambientais.

Anexo 1 – Licença Prévia e de Instalação da reciclagem de construção civil e da compostagem

EMDURB
Empresa Municipal de Desenvolvimento Urbano

Memorando Nº 23/2015.

Ubatuba, 13 de agosto de 2015.

Aos cuidados do Chefe de Gabinete.

Assunto: Informações sobre resíduos sólidos.

Anexo: Licença Prévia e de Instalação Nº: 35/00108/10 (Beneficiamento de resíduos); e Licença Prévia e de Instalação Nº: 35/00112/10 (Beneficiamento de podas).

Encaminho através deste, em resposta ao Ofício Nº.528/2015/GP-CG, as licenças solicitadas no documento em questão. Ressaltando que as medidas das áreas requeridas, constam nos anexos.

O processamento da compostagem tem capacidade de até 10 ton/dia (tonelada por dia, enquanto o de resíduos advindos da construção civil tem até 30 m³/dia (metro cúbico por dia).

Existem 08 (oito) funcionários alocados nestes processamentos de resíduos:

Função	Quantidade
Controlador de Acesso	1
Operador de Máquina	1
Operador Braçal	6
Total	**8**

A seguir consta a tabela com o descritivo dos equipamentos utilizados:

Equipamento	Quantidade
Máquina tipo pá carregadeira	1 (Inoperante)
Britador primário	1

Certo de poder contar com a habitual atenção de V.S.ª, renovo protestos de estima e consideração.

Nº DE PROTOCOLO 953/15
Prefeitura Municipal de Ubatuba
COORDENADORIA EXPEDIENTE G. PREFEITO
RECEBIDO EM 13/08/15

Luis Fernando Ventura da Silva
Presidente da EMDURB

BENEFICIAMENTO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

36

Processo Nº 35/00108/10

LICENÇA PRÉVIA E DE INSTALAÇÃO

Nº 35000057
Versão: 01
Data: 06/05/2011

Em Edifício Existente

IDENTIFICAÇÃO DA ENTIDADE

Nome
PREFEITURA MUNICIPAL DA ESTANCIA BALNEARIA DE UBATUBA - EMDURB

Cadastro na CETESB
701-23630-5

Logradouro	Número	Complemento	Bairro	CEP	Município
RODOVIA OSWALDO CRUZ	S/N	KM 89	HORTO	11680-000	UBATUBA

CARACTERÍSTICAS DO PROJETO

Atividade Principal
Descrição
Administração pública em geral

Bacia Hidrográfica	UGRHI	Corpo Receptor	Classe
52 - LITORAL NORTE	3 - LITORAL NORTE		

Área (metro quadrado)

Terreno	Construída	Atividade ao Ar Livre	Novos Equipamentos	Área efetiva de lavra(ha)
72.000,00	77,36	1.593,11		

Horário de Funcionamento (h)

Início		Término
07:00	às	17:00

Número de Funcionários

Administração	Produção
2	8

A CETESB–Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, no uso das atribuições que lhe foram conferidas pela Lei Estadual nº 118/73, alterada pela Lei 13.542 de 08 de maio de 2009, e demais normas pertinentes, emite a presente Licença, nas condições e termos nela constantes;

A presente licença está sendo concedida com base nas informações apresentadas pelo interessado e não dispensa nem substitui quaisquer Alvarás ou Certidões de qualquer natureza, exigidos pela legislação federal, estadual ou municipal;

As Exigências Técnicas, relação de equipamentos, capacidade produtiva e outras observações, partes integrantes desta licença, estão relacionadas em folha anexa;

Deverá ser requerida Licença de Operação, antes da data prevista para o início das operações, a qual não será concedida caso não tenham sido atendidas as Exigências Técnicas integrantes desta Licença;

A firma não poderá iniciar a operação deste empreendimento, sem que a respectiva Licença de Operação seja concedida pela CETESB, sob pena de aplicação de penalidades previstas na legislação; Conforme disposto no Artigo 70 do Regulamento da Lei Estadual 997, de 31 de maio de 1976, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8468, de 8 de setembro de 1976 e suas alterações, a presente licença tem prazo de validade de 3 (três) anos, período no qual o empreendimento deverá iniciar a implantação de suas instalações, sob pena de caducidade da Licença de Instalação emitida.

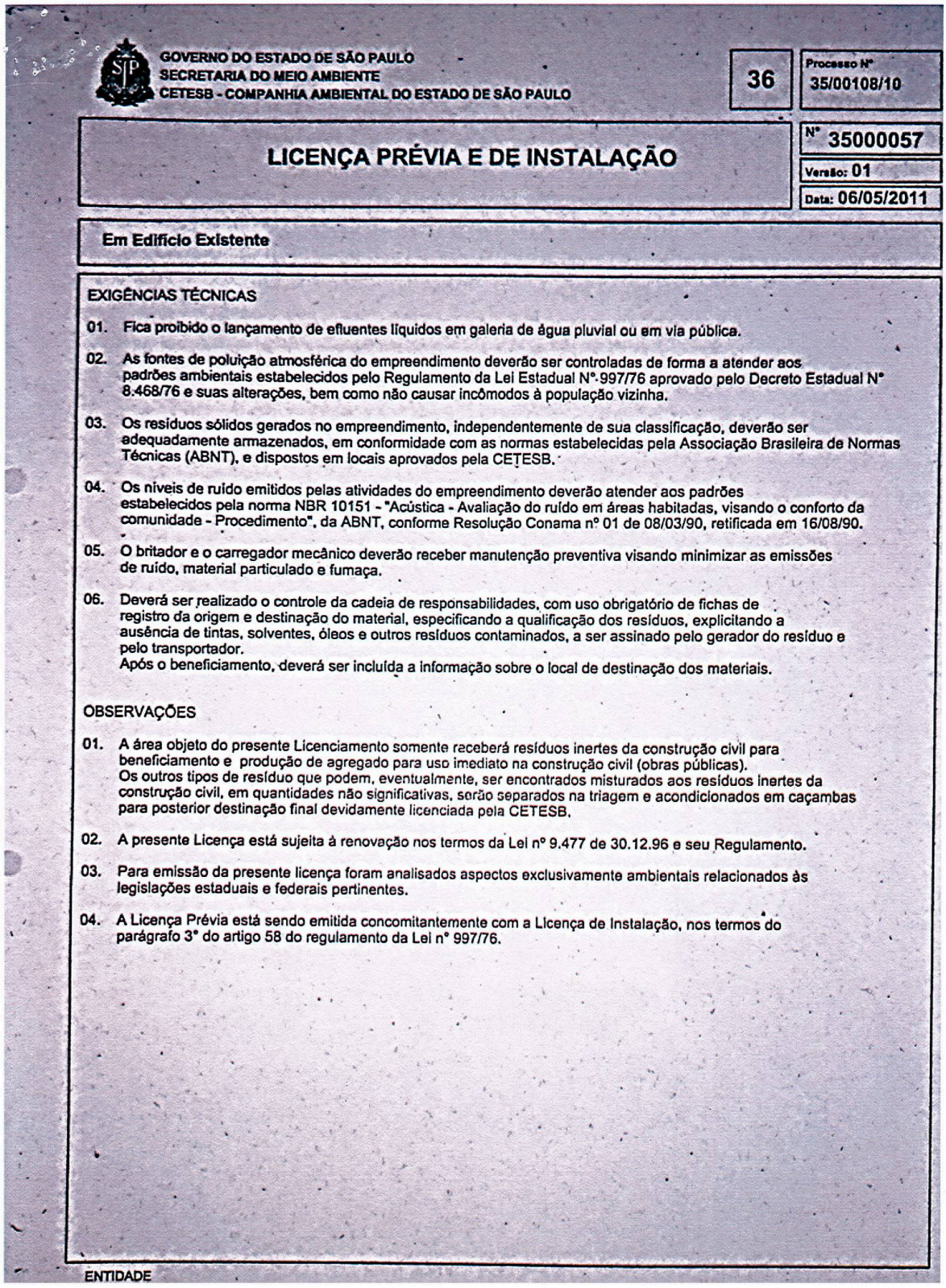
USO DA CETESB

SD Nº	Tipos de Exigências Técnicas
35001387	Ar, Água, Solo, Ruído

EMITENTE

Local: SÃO SEBASTIÃO

Esta licença de número 35000057 foi certificada por assinatura digital, processo eletrônico baseado em sistema criptográfico assimétrico, assinado eletronicamente por chave privada. Para verificação de sua autenticidade deve ser consultada a página da CETESB, na Internet, no endereço: autenticidade.cetesb.sp.gov.br



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

36

Processo Nº 35/00108/10

LICENÇA PRÉVIA E DE INSTALAÇÃO

Nº 35000057
Versão: 01
Data: 06/05/2011

Em Edifício Existente

EXIGÊNCIAS TÉCNICAS

01. Fica proibido o lançamento de efluentes líquidos em galeria de água pluvial ou em via pública.

02. As fontes de poluição atmosférica do empreendimento deverão ser controladas de forma a atender aos padrões ambientais estabelecidos pelo Regulamento da Lei Estadual Nº 997/76 aprovado pelo Decreto Estadual Nº 8.468/76 e suas alterações, bem como não causar incômodos à população vizinha.

03. Os resíduos sólidos gerados no empreendimento, independentemente de sua classificação, deverão ser adequadamente armazenados, em conformidade com as normas estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), e dispostos em locais aprovados pela CETESB.

04. Os níveis de ruído emitidos pelas atividades do empreendimento deverão atender aos padrões estabelecidos pela norma NBR 10151 - "Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento", da ABNT, conforme Resolução Conama nº 01 de 08/03/90, retificada em 16/08/90.

05. O britador e o carregador mecânico deverão receber manutenção preventiva visando minimizar as emissões de ruído, material particulado e fumaça.

06. Deverá ser realizado o controle da cadeia de responsabilidades, com uso obrigatório de fichas de registro da origem e destinação do material, especificando a qualificação dos resíduos, explicitando a ausência de tintas, solventes, óleos e outros resíduos contaminados, a ser assinado pelo gerador do resíduo e pelo transportador.
Após o beneficiamento, deverá ser incluída a informação sobre o local de destinação dos materiais.

OBSERVAÇÕES

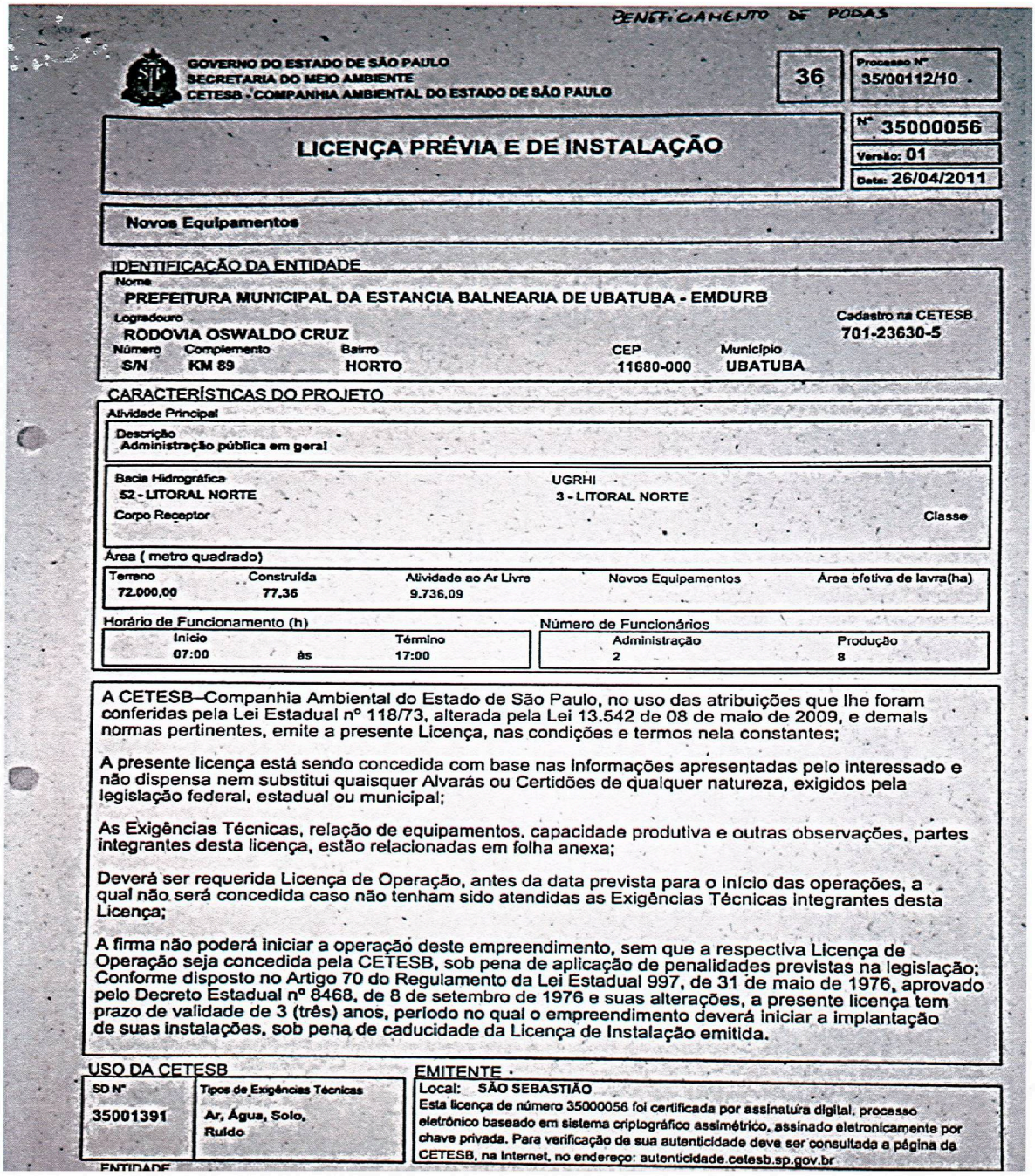
01. A área objeto do presente Licenciamento somente receberá resíduos inertes da construção civil para beneficiamento e produção de agregado para uso imediato na construção civil (obras públicas).
Os outros tipos de resíduo que podem, eventualmente, ser encontrados misturados aos resíduos inertes da construção civil, em quantidades não significativas, serão separados na triagem e acondicionados em caçambas para posterior destinação final devidamente licenciada pela CETESB.

02. A presente Licença está sujeita à renovação nos termos da Lei nº 9.477 de 30.12.96 e seu Regulamento.

03. Para emissão da presente licença foram analisados aspectos exclusivamente ambientais relacionados às legislações estaduais e federais pertinentes.

04. A Licença Prévia está sendo emitida concomitantemente com a Licença de Instalação, nos termos do parágrafo 3º do artigo 58 do regulamento da Lei nº 997/76.

ENTIDADE



BENEFICIAMENTO DE PODAS

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

36

Processo Nº 35/00112/10

LICENÇA PRÉVIA E DE INSTALAÇÃO

Nº 35000056
Versão: 01
Data: 26/04/2011

Novos Equipamentos

IDENTIFICAÇÃO DA ENTIDADE

Nome
PREFEITURA MUNICIPAL DA ESTANCIA BALNEARIA DE UBATUBA - EMDURB

Logradouro
RODOVIA OSWALDO CRUZ

Cadastro na CETESB
701-23630-5

Número	Complemento	Bairro	CEP	Município
S/N	KM 89	HORTO	11680-000	UBATUBA

CARACTERÍSTICAS DO PROJETO

Atividade Principal

Descrição
Administração pública em geral

Bacia Hidrográfica
52 - LITORAL NORTE

UGRHI
3 - LITORAL NORTE

Corpo Receptor

Classe

Área (metro quadrado)

Terreno	Construída	Atividade ao Ar Livre	Novos Equipamentos	Área efetiva de lavra(ha)
72.000,00	77,36	9.736,09		

Horário de Funcionamento (h)

Início		Término
07:00	às	17:00

Número de Funcionários

Administração	Produção
2	8

A CETESB–Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, no uso das atribuições que lhe foram conferidas pela Lei Estadual nº 118/73, alterada pela Lei 13.542 de 08 de maio de 2009, e demais normas pertinentes, emite a presente Licença, nas condições e termos nela constantes;

A presente licença está sendo concedida com base nas informações apresentadas pelo interessado e não dispensa nem substitui quaisquer Alvarás ou Certidões de qualquer natureza, exigidos pela legislação federal, estadual ou municipal;

As Exigências Técnicas, relação de equipamentos, capacidade produtiva e outras observações, partes integrantes desta licença, estão relacionadas em folha anexa;

Deverá ser requerida Licença de Operação, antes da data prevista para o início das operações, a qual não será concedida caso não tenham sido atendidas as Exigências Técnicas integrantes desta Licença;

A firma não poderá iniciar a operação deste empreendimento, sem que a respectiva Licença de Operação seja concedida pela CETESB, sob pena de aplicação de penalidades previstas na legislação; Conforme disposto no Artigo 70 do Regulamento da Lei Estadual 997, de 31 de maio de 1976, aprovado pelo Decreto Estadual nº 8468, de 8 de setembro de 1976 e suas alterações, a presente licença tem prazo de validade de 3 (três) anos, período no qual o empreendimento deverá iniciar a implantação de suas instalações, sob pena de caducidade da Licença de Instalação emitida.

USO DA CETESB

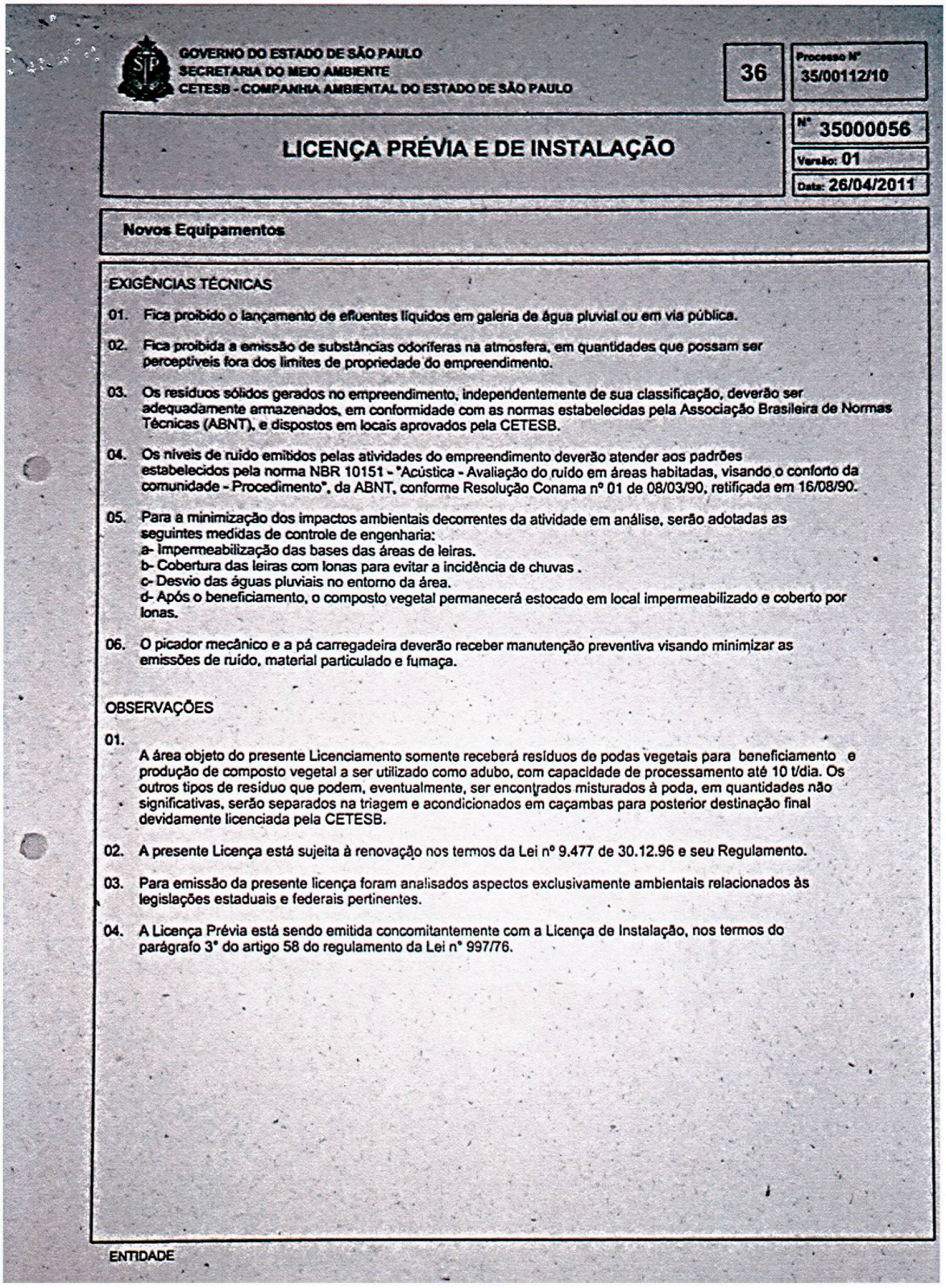
SD Nº	Tipos de Exigências Técnicas
35001391	Ar, Água, Solo, Ruído

ENTIDADE

EMITENTE

Local: SÃO SEBASTIÃO

Esta licença de número 35000056 foi certificada por assinatura digital, processo eletrônico baseado em sistema criptográfico assimétrico, assinado eletronicamente por chave privada. Para verificação de sua autenticidade deve ser consultada a página da CETESB, na Internet, no endereço: autenticidade.cetesb.sp.gov.br



GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

36

Processo Nº 35/00112/10

LICENÇA PRÉVIA E DE INSTALAÇÃO

Nº 35000056
Versão: 01
Data: 26/04/2011

Novos Equipamentos

EXIGÊNCIAS TÉCNICAS

01. Fica proibido o lançamento de efluentes líquidos em galeria de água pluvial ou em via pública.

02. Fica proibida a emissão de substâncias odoríferas na atmosfera, em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites de propriedade do empreendimento.

03. Os resíduos sólidos gerados no empreendimento, independentemente de sua classificação, deverão ser adequadamente armazenados, em conformidade com as normas estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), e dispostos em locais aprovados pela CETESB.

04. Os níveis de ruído emitidos pelas atividades do empreendimento deverão atender aos padrões estabelecidos pela norma NBR 10151 - "Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento", da ABNT, conforme Resolução Conama nº 01 de 08/03/90, retificada em 16/08/90.

05. Para a minimização dos impactos ambientais decorrentes da atividade em análise, serão adotadas as seguintes medidas de controle de engenharia:
a- Impermeabilização das bases das áreas de leiras.
b- Cobertura das leiras com lonas para evitar a incidência de chuvas .
c- Desvio das águas pluviais no entorno da área.
d- Após o beneficiamento, o composto vegetal permanecerá estocado em local impermeabilizado e coberto por lonas.

06. O picador mecânico e a pá carregadeira deverão receber manutenção preventiva visando minimizar as emissões de ruído, material particulado e fumaça.

OBSERVAÇÕES

01. A área objeto do presente Licenciamento somente receberá resíduos de podas vegetais para beneficiamento e produção de composto vegetal a ser utilizado como adubo, com capacidade de processamento até 10 t/dia. Os outros tipos de resíduo que podem, eventualmente, ser encontrados misturados à poda, em quantidades não significativas, serão separados na triagem e acondicionados em caçambas para posterior destinação final devidamente licenciada pela CETESB.

02. A presente Licença está sujeita à renovação nos termos da Lei nº 9.477 de 30.12.96 e seu Regulamento.

03. Para emissão da presente licença foram analisados aspectos exclusivamente ambientais relacionados às legislações estaduais e federais pertinentes.

04. A Licença Prévia está sendo emitida concomitantemente com a Licença de Instalação, nos termos do parágrafo 3° do artigo 58 do regulamento da Lei n° 997/76.

ENTIDADE

PREFEITURA MUNICIPAL DA ESTÂNCIA BALNEÁRIA DE UBATUBA
Litoral Norte do Estado de São Paulo
Capital do surfe

OFÍCIO Nº. 528/2015/GP–CG

PAÇO ANCHIETA – Ubatuba, 7 de agosto de 2015.

ASSUNTO: Convocação e solicitação de informações para implementação de plano de resíduos sólidos.

Prezado Senhor,

Informamos V.Sª. que a Prefeitura contratou os serviços de consultoria da empresa Terra Melhor, Ltda para auxiliar na implantação do Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, instituído pela Lei Municipal 3802/14 e legislação federal e estadual correlata. A consultoria da Terra Melhor, conduzida pela Dra. Cristiane Pereira e seus associados estará iniciando seus trabalhos a partir do dia 10/08/15, e deve concluir o relatório final em prazo de 90 dias após essa data.

Considerando o impacto crescente da gestão dos resíduos sólidos nas contas municipais, instruímos as secretarias aqui relacionadas a prestarem todo o apoio necessário aos trabalhos da Terra Melhor.

Como primeira medida ficam os Secretários, bem como os Presidentes das Autarquias Municipais aqui mencionados **CONVOCADOS** para participar de sessão de capacitação e nivelamento ministrada pela Terra Melhor e SMMA no dia 12/08/2015, das 14h00 às 17h00, na sala de reuniões da Secretaria de Educação. Eu estarei presente nesta sessão.

A segunda medida requerida de cada Secretaria e Autarquia Municipal é o envio via memorando de relatório de resposta aos questionamentos enviados em anexo até o dia 18/08, impreterivelmente.

MAURÍCIO HUMBERTO FORNARI MOROMIZATO
Prefeito Municipal

À Sua Senhoria o Senhor
LUIZ FERNANDO VENTURA DA SILVA
Presidente da EMDURB
Ubatuba – SP

LGP/cbv.

ANEXO I

Convocados para a sessão de nivelamento do dia 12/08:

1. **SMMA:**
   - Secretário;
   - DSA, DBQA, DPMS;
   - Copam.
2. **SME:**
   - Secretária;
   - Chefes dos setores responsáveis por limpeza, manutenção e obras dos equipamentos.
3. **SMS:**
   - Secretária
   - Chefes dos setores responsáveis por limpeza, manutenção e obras dos equipamentos;
   - Vigilância sanitária e ambiental
4. **SMSIP**
   - Secretário
   - Chefia dos setores responsáveis pela limpeza pública e gestão da coleta de resíduos
5. **EMDURB**
   - Presidente
   - Chefia dos setores de limpeza pública e gestão de obras
6. **SMAPA**
   - Secretário
   - Chefia dos setores de apoio à agricultura familiar
7. **SMHPU**
   - Secretário
   - Chefia do setor de licenciamento e aprovação de projetos
8. **SMF**
   - Secretária
   - Chefia dos setores de tributos e fiscalização
9. **SMSPDS**
   - Secretário
   - Chefe da GCM/Setor Ambiental
10. **SETUR/Fundart/Comtur**
    - Representantes junto à Comissão de Eventos
11. **SMCDS**
    - Secretário
    - Chefia dos setores de emprego e renda e economia solidária

Gabinete do Prefeito
E-mail prefeito@ubatuba.sp.gov.br
Site: www.ubatuba.sp.gov.br

End.: Avenida Dona Maria Alves, 830 - Centro
Ubatuba/SP - CEP: 11680-000
Tel.: (12) 3834-1000

ANEXO II

Questões sobre gestão de resíduos,

Apresentar relatório até o dia 18/08:

1.Secretaria Municipal de Saúde: Vigilância Sanitária
1.1 Identificação dos intermediadores de reciclagem (sucateiros e ferro-velhos)

2. Secretaria Municipal de Meio Ambiente SABESP e COAMBIENTAL
2.1 Quantidade de lodos de ETA e ETE e ainda preços de transporte, processamento e local de processamento

3. Secretaria Municipal da Fazenda
3.1 valor da taxa e sua base de cálculo e valor planejado e arrecadado nos últimos 12 meses
3.2 histórico de inadimplência em 3 anos
3.3 quantidades de imóveis
3.4 quantidades de condomínios HORIZONTAIS E VERTICAIS
3.5 descritivo de despesas com limpeza urbana terceirizada (pelo menos últimos 12 meses)

4. Secretaria Municipal de Serviços de Infraestrutura Pública
4.1 Quantitativo de varrição e volumosos (t/m) pelo menos dos últimos 3 anos
4.2 Número de pessoas envolvidas nos serviços públicos de limpeza urbana e suas funções
4.3 Descritivo dos equipamentos disponíveis para limpeza urbana
4.4 Quantitativo de RSD (t/m) pelo menos dos últimos 3 anos
4.5 Áreas de bota-fora identificadas e se possível suas dimensões
4.6 Citação dos contratos com terceirizados para limpeza urbana e valores contratados

4.7 Cópia da Licença do transbordo
4.8 Número de pessoas na triagem e na coleta
4.9 Setores atendidos pela coleta e frequência semanal
4.10 Quantidade de resíduos comercializados para reciclagem
4.11 Quantidade de resíduos captados como rejeitos após a triagem
4.12 Valor apropriado com a venda de recicláveis
4.13 Compradores de recicláveis da prefeitura e compradores de recicláveis no município
4.14 Quantidade de resíduos coletados no pesqueiro
4.15 Estimativa de resíduos verdes coletados
4.16 Feiras semanais, suas localizações e estimativa de resíduos coletados
4.17 Estimativa de resíduos de praias
4.18 Empresas caçambeiras e seus contatos
4.19 Localização das áreas disponíveis para ecopontos e suas respectivas dimensões

5. EMDURB
5.1 cópia das licenças de compostagem e de reciclagem de RCC
5.2 dimensão da área total da EMDURB e das áreas licenciadas para reciclagem e compostagem
5.3 quantidade de resíduos processados e tipo de resíduos
5.4 número de pessoas envolvidas e suas funções
5.5 descritivo de equipamentos

6. Secretaria Municipal de Agricultura, Pesca e Abastecimento
6.1 quantidade de área agrícola, número de população envolvida e tipo de agricultura
6.2 valor do adubo comercializado na região.

Gabinete do Prefeito
E-mail prefeito@ubatuba.sp.gov.br
Site: www.ubatuba.sp.gov.br

End.: Avenida Dona Maria Alves, 830 - Centro
Ubatuba/SP - CEP: 11680-000
Tel.: (12) 3834-1000

Anexo 2 – Licença de Operação do Transbordo

PREFEITURA MUNICIPAL DA ESTÂNCIA BALNEÁRIA DE UBATUBA
Litoral Norte do Estado de São Paulo

Ubatuba, 19 de Julho de 2015.

Memorando SMSIP 284/2015.
De: Secretaria Municipal de Serviços de Infraestrutura Pública.
Para: CEG
Ref. Memorando 154/15/GP - CG
Assunto: Resíduos Sólidos.

Vimos por meio deste, em Prosseguimento ao memorando 154/15/GP - CG, segue conforme solicitado:

4. Secretaria Municipal de Serviços e Infraestrutura Publica
4.1 - 432 TON/ML
4.2 - 158 pessoas – anexo lista nomes/funções (anexo cópia)
4.3 – Pá carregadeira (W20) – 1 unidade
Caminhão Basculante – 3 unidades
Apas, Enxadas, Rastelos, Foice, Roçadeira
4.4 – 2012 – 33.947,93 / 2013 – 35.162,28 / 201437.531,60
4.5 – Bota fora – Emdurb (licenciado) Taquaral e Monte Valério
4.6 – Coleta - Sanepav – 8.612248,27 (Resitec, Engep e Resicontrol) – 7.267247,44
Evidence 2.100,000
4.7 – Licença transbordo em anexo
4.8 – Triagem 8 Pessoas e na coleta 3 pessoas
4.9 – Documento em anexo
4.10 – 6.850 KG – reciclável
4.11 - 2.740 KG (40%) – rejeito

Nº DE PROTOCOLO 976/15
Prefeitura Municipal de Ubatuba
COORDENADORIA EXPEDIENTE G PREFEITO
RECEBIDO EM 19/08/15
Elaine - 16h05

Av. Maria Alves, 865, Centro de Ubatuba-SP,
Tel. (12) 3834-1082 ou 3834-1083.

4.12 - $2.80,00 (dois mil e oitenta reais)

4.13 – Central Reciclagem e Mineiro Reciclagem (Legalizado)

4.14 – 220 KG baixa temporada e 800 KG alta Temporada (dois meses ano)

4.15 – 2.200 TON / mês

4.16 – Praça Benedito Ignácio Pereira (Bip)

4.17 – 5 a 7 m³ / dia

4.18 – Toninho Terraplanagem tel. 12 – 3832-3410 ou 3832-6725

4.19 – Emdurb/Regional Sul/Aterro Sanitário/Transbordo e praça Bip

Sem mais para o momento.

Mauro Sérgio Bezerra.
Secretário Municipal de Serviços de Infraestrutura Publica.

Av. Maria Alves, 865, Centro de Ubatuba-SP,
Tel. (12) 3834-1082 ou 3834-1083.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

02

Processo N° 35/00112/07

4-7

LICENÇA DE OPERAÇÃO

VALIDADE ATÉ : 14/02/2019

N° 68000103
Versão: 01
Data: 14/02/2014

de Novo Estabelecimento

IDENTIFICAÇÃO DA ENTIDADE

Nome: **PREFEITURA MUNICIPAL DA ESTÂNCIA BALNEÁRIA DE UBATUBA - TRANSBORDO**
CNPJ: **46.482.857/0001-96**
Logradouro: **RUA DO SANEAMENTO**
Cadastro na CETESB: **701-23642-8**

Número	Complemento	Bairro	CEP	Município
S/N		IPIRANGUINHA	11680-000	UBATUBA

CARACTERÍSTICAS DO PROJETO

Atividade Principal

Descrição: **Administração pública em geral**

Bacia Hidrográfica: **52 - LITORAL NORTE**
UGRHI: **3 - LITORAL NORTE**
Corpo Receptor:
Classe:

Área (metro quadrado)

Terreno	Construída	Atividade ao Ar Livre	Novos Equipamentos	Lavra(ha)
5.600,00	321,10	2.461,00		

Horário de Funcionamento (h)

Início		Término
07:00	às	20:00

Número de Funcionários

Administração	Produção
0	3

Licença de Instalação

Data	Número
18/12/2007	35000142

A CETESB–Companhia Ambiental do Estado de São Paulo, no uso das atribuições que lhe foram conferidas pela Lei Estadual nº 118/73, alterada pela Lei 13.542 de 08 de maio de 2009, e demais normas pertinentes, emite a presente Licença, nas condições e termos nela constantes;
A presente licença está sendo concedida com base nas informações apresentadas pelo interessado e não dispensa nem substitui quaisquer Alvarás ou Certidões de qualquer natureza, exigidos pela legislação federal, estadual ou municipal;
A presente Licença de Operação refere-se aos locais, equipamentos ou processos produtivos relacionados em folha anexa;
Os equipamentos de controle de poluição existentes deverão ser mantidos e operados adequadamente, de modo a conservar sua eficiência;
No caso de existência de equipamentos ou dispositivos de queima de combustível, a densidade da fumaça emitida pelos mesmos deverá estar de acordo com o disposto no artigo 31 do Regulamento da Lei Estadual nº 997, de 31 de maio de 1976, aprovado pelo Decreto nº 8468, de 8 de setembro de 1976, e suas alterações;
Alterações nas atuais atividades, processos ou equipamentos deverão ser precedidas de Licença Prévia e Licença de Instalação, nos termos dos artigos 58 e 58-A do Regulamento acima mencionado;
Caso venham a existir reclamações da população vizinha em relação a problemas de poluição ambiental causados pela firma, esta deverá tomar medidas no sentido de solucioná-los em caráter de urgência;
A renovação da licença de operação deverá ser requerida com antecedência mínima de 120 dias, contados da data da expiração de seu prazo de validade.

USO DA CETESB

SD N°	Tipos de Exigências Técnicas
35001484	Ar, Água, Solo, Ruído, Outros

EMITENTE

Local: **SÃO SEBASTIÃO**

Esta licença de número 68000103 foi certificada por assinatura digital, processo eletrônico baseado em sistema criptográfico assimétrico, assinado eletronicamente por chave privada. Para verificação de sua autenticidade deve ser consultada a página da CETESB, na Internet, no endereço: autenticidade.cetesb.sp.gov.br

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

02

Processo N° 35/00112/07

LICENÇA DE OPERAÇÃO

VALIDADE ATÉ : 14/02/2019

N° 68000103
Versão: 01
Data: 14/02/2014

de Novo Estabelecimento

EXIGÊNCIAS TÉCNICAS

01. Os resíduos sólidos domiciliares provenientes da Unidade de Transbordo de Ubatuba deverão ser encaminhados para unidade de destinação final devidamente licenciada pela CETESB.

02. Realizar o escoamento de resíduos pela Rodovia dos Tamoios em horário noturno e durante a operação do transbordo deverá ser realizada a manutenção periódica das áreas de acesso ao empreendimento, de forma a evitar transtornos à população local.

03. Os efluentes líquidos gerados no empreendimento deverão ser conduzidos ao tanque existente de tratamento de líquido lixiviado (chorume) e posteriormente enviados à Estação de Tratamento de Esgotos operada pela SABESP devidamente licenciada pela CETESB, cujo efluente final deverá atender ao disposto nos artigos 11 e 18 do Regulamento da Lei Estadual n° 997/76, aprovado pelo Decreto n° 8468/76 e suas alterações.

04. Fica proibido o lançamento de efluentes líquidos no solo, em galeria de água pluvial ou em via pública.

05. Os resíduos sólidos domésticos deverão ser transferidos diretamente dos caminhões de coleta para as carretas estacionárias, ficando vetada a sua disposição sobre o solo, de forma a não causar poluição ambiental e atendendo o disposto nos artigos 51 e 52 do Regulamento da Lei nº 997/76, aprovado pelo Decreto nº 8468/76, e suas alterações.

06. Fica proibida a emissão de substâncias odoríferas na atmosfera, em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites de propriedade do empreendimento.

07. O pátio e as áreas de movimentação e tráfego de máquinas e veículos em geral deverão ser pavimentados e umectados permanentemente, de forma a impedir a emissão de poeiras (material particulado) fora dos limites de propriedade do empreendimento.

08. Os níveis de ruído emitidos pelas atividades do empreendimento deverão atender aos padrões estabelecidos pela Norma NBR 10151 - "Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento", da ABNT, conforme Resolução Conama nº 01 de 08/03/90, retificada em 16/08/90.

09. Fica vetada a movimentação de resíduos de saúde na área do empreendimento.

OBSERVAÇÕES

01. Esta Licença está sendo expedida para a operação da unidade de transbordo de lixo domiciliar gerado no Município de Ubatuba.

ENTIDADE

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

02

Processo N° 35/00112/07

LICENÇA DE OPERAÇÃO

VALIDADE ATÉ : 14/02/2019

N° 68000103
Versão: 01
Data: 14/02/2014

de Novo Estabelecimento

EXIGÊNCIAS TÉCNICAS

01. Os resíduos sólidos domiciliares provenientes da Unidade de Transbordo de Ubatuba deverão ser encaminhados para unidade de destinação final devidamente licenciada pela CETESB.

02. Realizar o escoamento de resíduos pela Rodovia dos Tamoios em horário noturno e durante a operação do transbordo deverá ser realizada a manutenção periódica das áreas de acesso ao empreendimento, de forma a evitar transtornos à população local.

03. Os efluentes líquidos gerados no empreendimento deverão ser conduzidos ao tanque existente de tratamento de líquido lixiviado (chorume) e posteriormente enviados à Estação de Tratamento de Esgotos operada pela SABESP devidamente licenciada pela CETESB, cujo efluente final deverá atender ao disposto nos artigos 11 e 18 do Regulamento da Lei Estadual n° 997/76, aprovado pelo Decreto n° 8468/76 e suas alterações.

04. Fica proibido o lançamento de efluentes líquidos no solo, em galeria de água pluvial ou em via pública.

05. Os resíduos sólidos domésticos deverão ser transferidos diretamente dos caminhões de coleta para as carretas estacionárias, ficando vetada a sua disposição sobre o solo, de forma a não causar poluição ambiental e atendendo o disposto nos artigos 51 e 52 do Regulamento da Lei nº 997/76, aprovado pelo Decreto nº 8468/76, e suas alterações.

06. Fica proibida a emissão de substâncias odoríferas na atmosfera, em quantidades que possam ser perceptíveis fora dos limites de propriedade do empreendimento.

07. O pátio e as áreas de movimentação e tráfego de máquinas e veículos em geral deverão ser pavimentados e umectados permanentemente, de forma a impedir a emissão de poeiras (material particulado) fora dos limites de propriedade do empreendimento.

08. Os níveis de ruído emitidos pelas atividades do empreendimento deverão atender aos padrões estabelecidos pela Norma NBR 10151 - "Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento", da ABNT, conforme Resolução Conama nº 01 de 08/03/90, retificada em 16/08/90.

09. Fica vetada a movimentação de resíduos de saúde na área do empreendimento.

OBSERVAÇÕES

01. Esta Licença está sendo expedida para a operação da unidade de transbordo de lixo domiciliar gerado no Município de Ubatuba.

ENTIDADE

013-PREFEITURA MUNICIPAL DE UBATUBA — FPW FOLHA DE PAGAMENTO — Pág.: 002
EMISSÃO: 16/04/2015 — Relação de Funcionários — LG-RE03F322

Matr	Nome	Data Adm	Lotação	T.Sal.	C	Descrição Cargo	Nivel	Situação	SF	IR
000440922	JOSE HENRIQUE PEREIRA DE SOUZA	01/05/1991	001.09.09.01	Mensal	E	AUX DE SERV GERAIS	B	ATIVIDADE NO	00	00
000911776	JOSE HUMBERTO MELQUIADES	22/08/2000	001.09.09.03	Mensal	E	AUXILIAR DE SERVICOS	A	ATIVIDADE NO	00	00
000908177	JOSE JORGE GUERRA	02/10/1995	001.09.09.01	Mensal	E	GARI	A	AF. DOENCA M	00	00
000370940	JOSE LUIZ VIEIRA RODRIGUES	15/01/1988	001.09.09.01	Mensal	E	AJUDANTE DE OBRAS	B	ATIVIDADE NO	01	02
000911000	JOSE MESSIAS DA SILVA REGO	15/12/1997	001.09.08.00	Mensal	E	AJUDANTE DE OBRAS	B	FERIAS COM A	00	01
000908134	JOSE MIGUEL MARTINS	04/09/1995	001.09.09.01	Mensal	E	COLETOR DE LIXO	A	ATIVIDADE NO	00	00
000911698	JOSE RICARDO FERREIRA	27/06/2000	001.09.09.03	Mensal	E	AUXILIAR DE SERVICOS	A	ATIVIDADE NO	00	02
000910979	JOSIAS DOS SANTOS	04/11/1997	001.09.09.00	Mensal	E	AUXILIAR DE SERVICOS	A	ATIVIDADE NO	00	00
000250066	JOSUE BENEDITO MONTEIRO DA SILV	26/04/1982	001.09.09.05	Mensal	E	AGENTE ADMINISTRATIV	A	ATIVIDADE NO	00	01
000911825	JURANDIR DOS SANTOS NUNES	31/10/2000	001.09.01.00	Mensal	E	AJUDANTE DE OBRAS	B	AF. PROC.ADM	00	02
000911563	JUVENAL DAGUIA SACRAMENTO	18/04/2000	001.09.09.03	Mensal	E	AJUDANTE DE OBRAS	B	ATIVIDADE NO	00	02
000911226	JUVENAL MARTINS DOS SANTOS	22/02/1999	001.09.10.00	Mensal	E	CALCETEIRO	A	ATIVIDADE NO	00	02
000420271	LAUDECI ALVES DOS SANTOS	01/05/1991	001.09.09.01	Mensal	E	COLETOR DE LIXO	A	ATIVIDADE NO	00	00
000440825	LINDOMAR BRULHER DOS SANTOS	01/05/1991	001.09.09.01	Mensal	E	AUX DE SERV GERAIS	B	ATIVIDADE NO	00	01
000911576	LOURDES BENEDITA DE MATOS	17/04/2000	001.09.09.02	Mensal	E	GARI	A	ATIVIDADE NO	00	02
000910989	LOURIVAL GALDINO	19/11/1997	001.09.08.00	Mensal	E	AUXILIAR DE SERVICOS	A	ATIVIDADE NO	00	00
000912188	LOURIVALDO DOS SANTOS DUARTE	08/02/2002	001.09.12.00	Mensal	E	AUXILIAR SERV. GERAI	A	ATIVIDADE NO	00	01
000911679	LUIS ARAUJO REIS	27/06/2000	001.09.01.00	Mensal	E	ENGENHEIRO CIVIL	A	ATIVIDADE NO	00	00
000911142	LUIZ ALBERTO MATEUS	02/07/1998	001.09.06.00	Mensal	E	AUXILIAR DE SERVICOS	A	ATIVIDADE NO	00	00
000911227	LUIZ ALVES DE JESUS	22/02/1999	001.09.10.01	Mensal	E	OPERADOR DE BRITADOR	A	AF. DOENCA M	00	00
000910990	LUIZ CARLOS DE OLIVEIRA	07/11/1997	001.09.09.03	Mensal	E	AUXILIAR DE SERVICOS	A	ATIVIDADE NO	00	00
000911089	LUIZ CARLOS DOS SANTOS	02/02/1998	001.09.09.03	Mensal	E	AUXILIAR DE SERVICOS	A	ATIVIDADE NO	00	01
000905933	LUIZ NOGUEIRA	09/05/1994	001.09.09.03	Mensal	E	AUXILIAR DE SERVICOS	A	ATIVIDADE NO	00	00
000911228	LUIZ SERGIO BARBOSA	22/02/1999	001.09.10.01	Mensal	E	OPERADOR DE BETONEIR	A	FERIAS NORMA	00	00
000912254	MANOEL ALVES DOS SANTOS	01/04/2002	001.09.01.00	Mensal	E	AJUDANTE DE OBRAS	B	ATIVIDADE NO	00	00
000914802	MANOEL FRANCISCO DE ARAUJO	01/01/2013	001.09.01.00	Mensal	E	COORDENADOR DE SERVI	A	ATIVIDADE NO	00	00
000911821	MANOEL GOMES BARBOSA	28/11/2000	001.09.01.00	Mensal	E	JARDINEIRO	A	ATIVIDADE NO	00	01
000907391	MANOEL RODRIGUES DOS SANTOS JUN	01/02/1995	001.09.01.00	Mensal	E	PEDREIRO	A	ATIVIDADE NO	00	01
000451266	MANUEL BARBOSA DOS SANTOS	01/06/1991	001.09.09.05	Mensal	E	AUXILIAR DE SERVICOS	A	ATIVIDADE NO	00	00
000911678	MANUEL CONCEICAO DOS SANTOS	20/06/2000	001.09.09.03	Mensal	E	AUXILIAR DE SERVICOS	A	ATIVIDADE NO	00	05
000911533	MARCILIA ALVES DA SILVA	29/03/2000	001.09.01.00	Mensal	E	AUXILIAR SERVICOS GE	B	ATIVIDADE NO	00	00
000450618	MARIA ANTONIA FERNANDES	01/05/1991	001.09.09.02	Mensal	E	AUX DE SERV GERAIS	B	ATIVIDADE NO	00	00
000911774	MARIA APARECIDA DE OLIVEIRA II	08/08/2000	001.09.09.02	Mensal	E	GARI	A	ATIVIDADE NO	00	02
000905798	MARIA DOS ANJOS CORREA SANTANA	02/05/1994	001.09.01.00	Mensal	E	AUX DE SERV GERAIS	B	ATIVIDADE NO	00	01
000907634	MARIA LUCIA GERTRUDES SANTOS	01/03/1995	001.09.01.00	Mensal	E	AUX DE SERV GERAIS	B	ATIVIDADE NO	00	00
000911918	MARIO CELSO CASTILHO	19/12/2000	001.09.08.00	Mensal	E	PEDREIRO	A	ATIVIDADE NO	00	00
000360732	MARIO LUCIO PEREIRA DA SILVA	17/07/1987	001.09.09.01	Mensal	E	COLETOR DE LIXO	A	ATIVIDADE NO	00	00
000912716	MAURICIO FERNANDES	05/07/2004	001.09.06.00	Mensal	E	MOTORISTA	A	ATIVIDADE NO	00	00
000914803	MAURO SERGIO BEZERRA	01/01/2013	001.09.01.00	Mensal	E	SECRETARIO MUNICIPAL	A	ATIVIDADE NO	01	01
000911230	ODAIR SANTANA	22/02/1999	001.09.06.01	Mensal	E	OPERADOR DE MAQUINA	A	FERIAS COM A	00	00
000906727	OMAR FERNANDO COUTINHO DE ARAUJ	21/06/1994	001.09.06.02	Mensal	E	SOLDADOR	A	ATIVIDADE NO	00	01
000210188	ORIVAL BENEDITO DOS SANTOS	20/05/1980	001.09.09.00	Mensal	E	AJUDANTE DE OBRAS	B	ATIVIDADE NO	00	00
000911651	OSMAR FAGANELLI	01/06/2000	001.09.01.00	Mensal	E	AJUDANTE DE OBRAS	B	ATIVIDADE NO	00	03
000455512	OSMAR FRANCISCO DE SOUZA	16/03/1992	001.09.01.00	Mensal	E	MOTORISTA	A	ATIVIDADE NO	00	03
000380423	PAULO ANGELO	15/02/1988	001.09.09.03	Mensal	E	ENCANADOR	A	ATIVIDADE NO	00	00
000911743	PAULO SEBASTIAO BARBOSA	25/07/2000	001.09.10.01	Mensal	E	AJUDANTE DE OBRAS	B	ATIVIDADE NO	00	01
000370983	PEDRO DE PAULA	15/01/1988	001.09.09.01	Mensal	E	MOTORISTA	A	AF. DOENCA M	00	00
000390674	PEDRO GOMES DA SILVA	19/04/1988	001.09.09.01	Mensal	E	AUX DE SERV GERAIS	B	ATIVIDADE NO	00	00
000912252	RENE JOSE RIBEIRO	01/04/2002	001.09.07.00	Mensal	E	PINTOR	A	ATIVIDADE NO	00	01
000452459	RITA DA SILVA COELHO DOS SANTOS	30/09/1991	001.09.09.02	Mensal	E	GARI	A	ATIVIDADE NO	00	01
000908150	ROBERTO AUGUSTO DOS SANTOS	04/09/1995	001.09.09.01	Mensal	E	COLETOR DE LIXO	A	ATIVIDADE NO	00	01
000911023	ROBERTO CRUZ DA MOTA PINHEIRO	30/12/1997	001.09.09.03	Mensal	E	AUXILIAR DE SERVICOS	A	ATIVIDADE NO	00	01
000915299	ROBSON SABINO FAGUNDES ORTEGA	10/06/2014	001.09.01.00	Mensal	E	DIRETOR DO DEPARTAME	A	ATIVIDADE NO	01	01
000910991	ROMUALDO PLACIDO LEITE	12/11/1997	001.09.09.01	Mensal	E	COLETOR DE LIXO	A	ATIVIDADE NO	00	00
000461792	RONALDO DE OLIVEIRA SILVA	28/02/1996	001.09.12.00	Mensal	E	AUXILIAR DE SERVICOS	A	FERIAS COM A	00	01
000914793	RONALDO RODRIGUES SALOMAO DE SO	14/01/2013	001.09.01.00	Mensal	E	SECRETARIO ADJUNTO	B	ATIVIDADE NO	01	01
000911905	RUI RODRIGUES DE OLIVEIRA	19/12/2000	001.09.08.00	Mensal	E	PEDREIRO	A	ATIVIDADE NO	00	00
000450405	SEBASTIAO ANGELO	01/05/1991	001.09.09.01	Mensal	E	AUXILIAR DE SERVICOS	A	ATIVIDADE NO	00	03
000911783	SEBASTIAO BENEDITO DE OLIVEIRA	06/09/2000	001.09.09.00	Mensal	E	AUXILIAR DE SERVICOS	A	ATIVIDADE NO	00	01
000911504	SEBASTIAO GERALDO DOS SANTOS	30/03/2000	001.09.09.03	Mensal	E	AUXILIAR DE SERVICOS	A	ATIVIDADE NO	00	00
000452785	SEBASTIAO JOSE DOS SANTOS	14/11/1991	001.09.09.01	Mensal	E	AUX DE SERV GERAIS	B	ATIVIDADE NO	00	01
000911143	SEBASTIAO LEANDRO DE LIMA	02/07/1998	001.09.09.01	Mensal	E	COLETOR DE LIXO	A	ATIVIDADE NO	00	02
000911689	SEBASTIAO PROFETA LEITE	18/07/2000	001.09.08.00	Mensal	E	PEDREIRO	A	ATIVIDADE NO	00	00
000914806	SERGIO FERREIRA COSTA	01/01/2013	001.09.01.00	Mensal	E	COORDENADOR DE CEMIT	A	ATIVIDADE NO	01	01
000911233	SERGIO LUIZ MORONI	22/02/1999	001.09.10.01	Mensal	E	OPERADOR DE BETONEIR	A	ATIVIDADE NO	00	00
000390836	SERGIO PAULO ALVES COELHO	09/05/1988	001.09.06.01	Mensal	E	MOTORISTA	A	ATIVIDADE NO	00	00
000370924	SEVERINO GOMES SOBRAL	15/01/1988	001.09.08.00	Mensal	E	PEDREIRO	A	ATIVIDADE NO	00	00
000440711	THEODORO MIGUEL DA SILVA FILHO	02/12/1991	001.09.09.01	Mensal	E	MOTORISTA	A	ATIVIDADE NO	00	01
000911691	VALDELINO NUNES DOS SANTOS	05/07/2000	001.09.06.01	Mensal	E	OPERADOR DE MAQUINA	A	ATIVIDADE NO	00	00
000240443	VALDEMAR DE JESUS	09/03/1982	001.09.01.00	Mensal	E	VIGIA	A	ATIVIDADE NO	00	00
000270903	VALDEMAR RODRIGUES	19/01/1984	001.09.07.00	Mensal	E	PEDREIRO	A	AF. DOENCA M	00	00
000911256	VANDERLEY DE SOUZA MARTINS	29/05/1999	001.09.09.03	Mensal	E	AUXILIAR DE SERVICOS	A	ATIVIDADE NO	00	01
000454321	VANDIR DE JESUS	01/02/1992	001.09.01.00	Mensal	E	JARDINEIRO	A	ATIVIDADE NO	00	01
000904821	VENILTON LUIZ PELUCCI	31/05/1993	001.09.06.00	Mensal	E	MOTORISTA	A	ATIVIDADE NO	00	01
000452866	VILMAR VICENTE BARBOSA	21/11/1991	001.09.07.00	Mensal	E	PINTOR LETRISTA	1	ATIVIDADE NO	00	00
000911235	WALDIR JESUS MIGUEL	22/02/1999	001.09.10.00	Mensal	E	MOTORISTA	A	FERIAS COM A	00	00
000911715	WASHINGTON LUIZ PILZ	08/08/2000	001.09.06.00	Mensal	E	ELETRICISTA DE AUTOS	A	ATIVIDADE NO	00	00
000908169	WASHINGTON PINTO DE SOUSA	04/09/1995	001.09.09.01	Mensal	E	COLETOR DE LIXO	A	ATIVIDADE NO	00	00

LG SISTEMAS

4-2

013-PREFEITURA MUNICIPAL DE UBATUBA — FPW FOLHA DE PAGAMENTO — Pág.: 001
EMISSÃO: 16/04/2015 — Relação de Funcionários — LG-RE03F322

Matr	Nome	Data Adm	Lotação	T.Sal.	C	Descrição Cargo	Nível	Situação	SF	IR
000911921	ABEL ROSA DA APRESENTACAO	19/12/2000	001.09.01.00	Mensal	E	AJUDANTE DE OBRAS	B	ATIVIDADE NO	00	01
000911199	ADELCO RODRIGUES DA SILVA	22/02/1999	001.09.10.00	Mensal	E	CALCETEIRO	A	ATIVIDADE NO	00	01
000906026	AGUINALDO ALEXANDRE CONCEICAO	09/05/1994	001.09.09.05	Mensal	E	AUXILIAR DE SERVICOS	A	ATIVIDADE NO	00	03
000912726	ALAOR ERNANDES GUEDES SAMPAIO	06/07/2004	001.09.06.00	Mensal	E	MOTORISTA	A	ATIVIDADE NO	00	03
000911822	ALMENDES ERNESTO ALVES	02/01/2000	001.09.06.02	Mensal	E	MECANICO	A	ATIVIDADE NO	00	01
000911201	ALMIR LOURENCO DOS SANTOS	22/02/1999	001.09.10.00	Mensal	E	CALCETEIRO	A	FERIAS COM A	00	00
000912258	ALTIVO MOREIRA CASTILHO	01/04/2002	001.09.07.00	Mensal	E	PINTOR	A	ATIVIDADE NO	00	01
000911202	AMERICO DONIZETE DE AZEVEDO	22/02/1999	001.09.10.00	Mensal	E	AJUDANTE DE OBRAS	B	ATIVIDADE NO	00	00
000911734	AMILTON DA SILVA BRAGA	25/07/2000	001.09.01.00	Mensal	E	AJUDANTE DE OBRAS	B	ATIVIDADE NO	00	00
000440851	AMILTON DE LIMA GALVAO	01/05/1991	001.09.09.01	Mensal	E	COLETOR DE LIXO	A	ATIVIDADE NO	00	00
000911203	ANTENOR PORFIRIO DE LIMA	22/02/1999	001.09.10.00	Mensal	E	AJUDANTE DE OBRAS	B	ATIVIDADE NO	00	04
000370126	ANTONIA CLAUDINO DOS SANTOS	23/09/1987	001.09.09.02	Mensal	E	AUX DE SERV GERAIS	B	ATIVIDADE NO	00	01
000911286	ANTONIO CARLOS SANTOS	04/08/1999	001.09.08.00	Mensal	E	PEDREIRO	A	ATIVIDADE NO	00	01
000450375	ANTONIO DE MORAIS	01/05/1991	001.09.01.00	Mensal	E	AJUDANTE DE OBRAS	B	ATIVIDADE NO	00	02
000912304	ANTONIO DE SALLES	02/05/2002	001.09.06.00	Mensal	E	MOTORISTA	A	ATIVIDADE NO	00	01
000911016	ANTONIO DE SOUZA CARDOSO	17/12/1997	001.09.08.00	Mensal	E	AJUDANTE DE OBRAS 20	B 01/07	ATIVIDADE NO	00	02
000210870	ANTONIO DOS SANTOS	12/01/1981	001.09.09.05	Mensal	E	AUXILIAR DE SERVICOS	A	ATIVIDADE NO	00	02
000908223	ANTONIO MARCIANO BARBOSA FILHO	04/09/1995	001.09.09.01	Mensal	E	COLETOR DE LIXO	A	ATIVIDADE NO	00	00
000914786	APARECIDO DONIZETE DA SILVA	01/01/2013	001.09.01.00	Mensal	E	DIRETOR DO DEPARTAME	A	ATIVIDADE NO	00	00
000260096	ARI FATIMA VIEIRA DAS CHAGAS	28/03/1983	001.09.07.00	Mensal	E	PINTOR	A	ATIVIDADE NO	00	00
000350680	ATALIBA FERREIRA	03/04/1987	001.09.01.00	Mensal	E	MOTORISTA	A	ATIVIDADE NO	00	00
000455229	BARTOLOMEU DALBERTO DOS SANTOS	10/03/1992	001.09.07.00	Mensal	E	ELETRICISTA	A	ATIVIDADE NO	00	00
000380458	BENEDITO BRIET DA SILVA FILHO	16/02/1988	001.09.09.01	Mensal	E	MOTORISTA 20	A 06/06	ATIVIDADE NO	00	01
000911808	BENEDITO CELSO DOS SANTOS	26/09/2000	001.09.09.03	Mensal	E	AUXILIAR DE SERVICOS	A	ATIVIDADE NO	00	01
000913918	BENEDITO CELSO PEREIRA SEBASTIA	23/04/2008	001.09.06.00	Mensal	E	MOTORISTA	A	ATIVIDADE NO	00	04
000300365	BENEDITO DA SILVA	06/05/1985	001.09.12.00	Mensal	E	PEDREIRO	A	ATIVIDADE NO	00	00
000450979	BENEDITO PEREIRA DOS SANTOS	20/05/1991	001.09.12.00	Mensal	E	AUX DE SERV GERAIS	B	ATIVIDADE NO	00	02
000911208	BENJAMIM CORREIA DOS SANTOS	22/02/1999	001.09.09.04	Mensal	E	AJUDANTE DE OBRAS	B	ATIVIDADE NO	00	00
000905321	BERRY AKIKO SHIMOHARA	17/02/1994	001.09.01.00	Mensal	E	DIGITADOR	A	ATIVIDADE NO	00	00
000915332	CARLOS AUGUSTO KRISHNNA JUSTINO	18/11/2014	001.09.01.00	Mensal	E	COORDENADOR DE SANEA	A	ATIVIDADE NO	01	02
000911027	CATARINO JOSE TEIXEIRA	11/12/1997	001.09.10.00	Mensal	E	CALCETEIRO	A	ATIVIDADE NO	00	00
000454478	CELSO BARBOSA DOS SANTOS	12/02/1992	001.09.08.00	Mensal	E	PEDREIRO	A	ATIVIDADE NO	00	01
000913493	CELSO FERNANDO GRACILIANO DOS S	03/07/2007	001.09.01.00	Mensal	E	MOTORISTA 20	A 02/05/16	ATIVIDADE NO	00	01
000906301	CLAUDIMAR MOREIRA CASTILHO	05/05/1994	001.09.09.01	Mensal	E	COLETOR DE LIXO	A	ATIVIDADE NO	00	01
000907545	CLAUDINEI FELIX DE CARVALHO	01/03/1995	001.09.01.00	Mensal	E	AUX DE SERV GERAIS	A	ATIVIDADE NO	00	03
000910962	CLAUDIO ANTUNES DE MORAES	20/10/1997	001.09.09.01	Mensal	E	COLETOR DE LIXO 20	A 04/01/16	ATIVIDADE NO	00	00
000911032	CLAUDIOMIRO MENDES DOS SANTOS	30/12/1997	001.09.09.01	Mensal	E	COLETOR DE LIXO	A	ATIVIDADE NO	00	00
000440728	DANIEL CORREA	01/05/1991	001.09.01.00	Mensal	E	COLETOR DE LIXO	A	ATIVIDADE NO	00	01
000911145	DANIEL DOS REIS RODRIGUES DE SO	02/07/1998	001.09.09.01	Mensal	E	COLETOR DE LIXO	A	ATIVIDADE NO	00	02
000911911	DANIEL MONTALVAO DE SOUZA	28/12/2000	001.09.09.03 20	Mensal	E	AUXILIAR DE SERVICOS	A 04/07	ATIVIDADE NO	00	01
000911295	DONIZETI DE JEZUS	01/09/1999	001.09.01.00	Mensal	E	JARDINEIRO	A	ATIVIDADE NO	00	03
000915365	DORIVALDO DIAS DE FRANCA	10/03/2015	001.09.01.00	Mensal	E	COORDENADOR DE GESTA	A	ATIVIDADE NO	00	00
000904716	EDALECIO ALVES DE MOURA	23/10/1992	001.09.06.01	Mensal	E	OPERADOR DE MAQUINA	A 20-4/01	ATIVIDADE NO	00	00
000911723	EDISON FABIANO MENDES	08/08/2000	001.09.10.01	Mensal	E	AJUDANTE DE OBRAS	B	ATIVIDADE NO	00	00
000460702	EDMAR DA SILVA PEREIRA	01/06/1995	001.09.06.01	Mensal	E	OPERADOR DE MAQUINA	A	AF. DOENCA M	00	00
000907510	EDMUNDO DA COSTA SILVA	01/03/1995	001.09.09.01	Mensal	E	AUX DE SERV GERAIS	B	FERIAS COM A	00	03
000913919	EDUARDO GOMES DOS SANTOS	22/04/2008	001.09.01.00	Mensal	E	MOTORISTA	A	ATIVIDADE NO	00	01
000455709	EDUARDO PEREIRA	16/03/1992	001.09.09.01	Mensal	E	AUX DE SERV GERAIS	B	ATIVIDADE NO	00	01
000912725	ELIANE DE PAULO	06/07/2004	001.09.06.00	Mensal	E	MOTORISTA	A	ATIVIDADE NO	00	00
000911211	EVERIDIANO BRAGA	22/02/1999	001.09.10.00	Mensal	E	OPERADOR DE MAQUINA	A	ATIVIDADE NO	00	01
000912187	FABRIANO DUARTE DOS SANTOS	08/02/2002	001.09.12.00	Mensal	E	AUXILIAR SERV. GERAI	A	ATIVIDADE NO	00	02
000906204	FRANCISCO CARLOS LEITE	30/05/1994	001.09.07.00	Mensal	E	PINTOR	A	AF. PROC.ADM	00	02
000906484	FRANCISCO CARLOS MESSIAS	30/05/1994	001.09.07.00	Mensal	E	ELETRICISTA	A	ATIVIDADE NO	00	00
000911280	GABRIEL ROSARIO DO CARMO	02/08/1999	001.09.09.00	Mensal	E	AJUDANTE DE OBRAS	B	ATIVIDADE NO	00	01
000911814	GENARO ALEXANDRE	12/09/2000	001.09.09.03	Mensal	E	AUXILIAR DE SERVICOS	A	ATIVIDADE NO	00	01
000911817	GENESIO SILVA	31/10/2000	001.09.06.02	Mensal	E	MECANICO	A	ATIVIDADE NO	00	02
000911772	GERVASIO MARCIANO LEITE	06/09/2000	001.09.09.05 20	Mensal	E	AUXILIAR DE SERVICOS	A 5/1/015	ATIVIDADE NO	00	01
000220264	GUIDO BUENO DE GOUVEA	26/03/1981	001.09.01.00	Mensal	E	JARDINEIRO	A	ATIVIDADE NO	00	00
000908241	ISABEL CRISTINA ALVES DOS SANTO	02/10/1995	001.09.01.00	Mensal	E	GARI 20	A 03/11	ATIVIDADE NO	00	02
000915313	ISAIAS MARIANO BALLIO	07/08/2014	001.09.01.00	Mensal	E	DIRETOR DO DEPARTAME	A	ATIVIDADE NO	00	01
000911214	ISMAEL NUNES DO PRADO	22/02/1999	001.09.10.00	Mensal	E	CALCETEIRO	A	ATIVIDADE NO	00	00
000907642	JAMAR RODRIGUES DA SILVA	01/03/1995	001.09.09.05	Mensal	E	AUX DE SERV GERAIS	B	ATIVIDADE NO	00	00
000910635	JOAO BATISTA DE SOUZA	23/01/1997	001.09.06.02	Mensal	E	MECANICO DE MAQUINA	1	ATIVIDADE NO	00	00
000911820	JOAO BATISTA REINALDO DE OLIVEI	10/10/2000	001.09.08.00 30	Mensal	E	MESTRE DE OBRAS	A 16/11	ATIVIDADE NO	00	02
000910992	JOAO DOMINGOS RAMALHO DA SILVA	06/11/1997	001.09.09.01	Mensal	E	COLETOR DE LIXO	A	ATIVIDADE NO	00	00
000911025	JOAO FAUSTINO DOS SANTOS GONCAL	23/12/1997	001.09.09.03	Mensal	E	AJUDANTE DE OBRAS	B	ATIVIDADE NO	00	00
000360562	JORGE CHAGAS	22/06/1987	001.09.09.00	Mensal	E	AJUDANTE DE OBRAS	B	FERIAS NORMA	00	00
000910916	JORGE GERALDO DE FREITAS	01/07/1997	001.09.09.00	Mensal	E	AUXILIAR DE SERVICOS	A	ATIVIDADE NO	00	02
000910977	JORGE GOMES	17/11/1997	001.09.09.04 30	Mensal	E	AUXILIAR DE SERVICOS	A 23/11	ATIVIDADE NO	00	00
000911220	JORGE MESALINO DOS SANTOS	22/02/1999	001.09.10.01	Mensal	E	AJUDANTE DE OBRAS	B	ATIVIDADE NO	00	01
000911221	JOSCELINO GONCALVES	22/02/1999	001.09.06.02	Mensal	E	REPARADOR	A	ATIVIDADE NO	00	01
000370398	JOSE BENEDITO PACIFICO DA SILVA	30/11/1987	001.09.09.03	Mensal	E	AUX DE SERV GERAIS	B	ATIVIDADE NO	00	02
000914749	JOSE CARLOS VITAL	01/01/2013	001.09.01.00	Mensal	E	COORDENADOR DE ENGEN	A	ATIVIDADE NO	00	00
000906042	JOSE DE JESUS OLIVEIRA	09/05/1994	001.09.09.05	Mensal	E	AUXILIAR DE SERVICOS	A	ATIVIDADE NO	00	02
000913920	JOSE DE PAULA FONSECA PENA	22/04/2008	001.09.06.00	Mensal	E	MOTORISTA	A	ATIVIDADE NO	00	02
000452211	JOSE DONIZETTE MARCONDES	10/09/1991	001.09.09.01	Mensal	E	AUX DE SERV GERAIS	B	ATIVIDADE NO	00	00
000911223	JOSE DOS SANTOS II	22/02/1999	001.09.10.00	Mensal	E	CALCETEIRO	A	ATIVIDADE NO	00	00
000911224	JOSE FIRMINO ROQUE	22/02/1999	001.09.10.01	Mensal	E	AJUDANTE DE OBRAS	B	ATIVIDADE NO	00	00

LG SISTEMAS

RELAÇAO DE ESCALA DE TRABALHO 1º TURNO DAS 6:00 ÀS 14:20			
DIA	SETOR	BAIRRO	6:00 / 14:20
2ª/4ª/6ª C-162	6	Container Maranduba Promove / Beira Rio Praia e Bairro Porto Eixo / Sapezinho	Motorista - Odair Daniel B. da Silva Daniel Teixeira Humberto *
DIA	SETOR	BAIRRO	6:00 / 14:20
2ª/4ª/6ª C-161	8	Enseada / Toninhas / J.Marisol Recanto/Salga/Cabeça de boi Vila Mariana Cond Samola	Motorista - Andre Charles Marcelo Daniel Novato *
DIA	SETOR	BAIRRO	6:00 / 14:20
2ª/4ª/6ª C127	10	Barra Seca Praia Vermelha Norte Itamambuca/Praia Felix Promirim / Cazanga	Motorista - Ricardo Sergio Claudio Sidiney
DIA	SETOR	BAIRRO	6:00 / 14:20
2ª/4ª/6ª C-155	12	Praia Grande Tenório	Motorista - Jorge Giliard Juraci Luciano Leandro Aparecido *
DIA	SETOR	BAIRRO	6:00 / 14:20
2ª/4ª/6ª C126	14	Pereque Açu Bairro/Praia	Motorista - Zé Roberto Leonardo Valmir Rainer Fabricio Rodney *
DIA	SETOR	BAIRRO	6:00 / 14:20
3ª/5ª/sab C127	7	Toninhas/Praia/Bairro Enseada bairro Estufa I	Motorista - Jorge Giliard Juraci Luciano
DIA	SETOR	BAIRRO	6:00 / 14:20
3ª/5ª/sab C128	9	Lazaro/Ribeira Pereque Mirim/Dominga Dias	Motorista - Ricardo Sergio Claudio Sidiney
DIA	SETOR	BAIRRO	6:00 / 14:20
3ª/5ª/sab C162	11	Sertão da Quina/Tabatinga Sertão Ingá Arariba Rio da Prata Bonete / Pulso	Motorista - Odair Humberto * Daniel B. da Silva Daniel Teixeira Rodney *
DIA	SETOR	BAIRRO	6:00 / 14:20
3ª/5ª/sab	13	Monte Valerio Rio Escuro	Motorista - Zé Roberto Leonardo

RELAÇAO DE ESCALA DE TRABALHO 2º TURNO DAS 17:00 ÀS 01:20			
DIA	SETOR	BAIRRO	17:00 as 01:20
Diário	1	Centro I e II Barra da Lagoa - (3ª/5ª/sab) Av. Iperoig - (3ª/5ª/sab)	Motorista - Wesley Willian João Alipio Anderson Rogerio / Luizinho
DIA	SETOR	BAIRRO	17:00 as 01:20
2ª/4ª/6ª C161	2	Itaguá Parque Vivamar Av. Iperoig	Motorista - Valdair Jose Wilson Leandro Marcelo Thiago
DIA	SETOR	BAIRRO	17:00 as 01:20
2ª/4ª/6ª C128	4	Pé da Serra Horto/Cach. dos Macacos Ipiranguinha Emaús/Vale do Sol	Motorista - Francisco Manoel Paulo Sergio Juliano (Afastado) / Ozimar
DIA	SETOR	BAIRRO	17:00 as 01:20
3ª/5ª/sab C126	3	Sesmarias Estufa II	Motorista - Valdair Jose Wilson Leandro Marcelo Thiago
DIA	SETOR	BAIRRO	17:00 as 01:20
3ª/5ª/sab C128	5	Sumaré/Silop/Mato Dentro Parque dos Ministérios Samambaia/Jd Carolina	Motorista - Francisco Manoel Paulo Sergio Juliano (Afastado) / Ozimar

C155	15	Fortaleza/Praia Dura Folha Seca/Corcovado	Valmir Rainer Fabricio
DIA	SETOR	BAIRRO	6:00 / 14:20
3ª/5ª/sab C128	15	Taquaral/Sumidouro Usina Velha/Pedreira/Ressaca Bela Vista / Marafunda	Motorista - Andre Charles Marcelo Leandro Aparecido * Daniel Novato *
DIA	SETOR	BAIRRO	6:00 / 14:20
Diário B083		Caçamba - Capina	Motorista - Vanderlei (Temporário)
DIA	SETOR	BAIRRO	6:00 / 14:20
Diário VL151		RSS	Carlos kaneko
DIA	SETOR	BAIRRO	6:00 / 14:20
Diário C088		Repasse Centro - Difícil acesso	Motorista - Marcos (Temporário) Fabio / Wilsimar
DIA	SETOR	BAIRRO	6:00 / 14:20
2ª 4ª 6ª P080		Transbordo / Tenório / Lazaro	Motorista - Osmar Felix *
Elizeu - (Cobrir Férias) Walter - (Cobrir Férias)			

Anexo 3 – Caracterização dos setores da coleta tradicional

Baixa Temporada Noite – Ref (Abril/Maio/Junho) 2015

Coleta - Diária

Setores	Caminhões	MO	KM	Peso	Macro características: Preqüentidade	Densidade de população	Bairro	Áreas de Jardins	Comércio	Indústria
1	1	4	34	15.037	Média / Alta	Alta	Centro I e II	Média	Alta	0
Total	1	4	34	15.037						

Coleta - Seg / Quarta / Sexta

Setores	Caminhões	MO	KM	Peso	Macro características: Preqüentidade	Densidade de população	Bairro	Áreas de Jardins	Comércio	Indústria
2	1	4	35	14.587	Média / Alta	Média / Alta	Itagua / Pq Vivamar / Jd Ipitroga	Alta	Alta	0
4	1	4	41	12.362	Baixa / Média	Baixa / Média	Pé da Serra / Cachoeira dos Macacos / Igarapuanha / Emaús / Vale do sol / Morro das Moças	Baixa / Média	Baixa / Média	0
Total	2	8	76	26.959						

Coleta - Terça / Quinta / Sáb

Setores	Caminhões	MO	KM	Peso	Macro características: Preqüentidade	Densidade de população	Bairro	Áreas de Jardins	Comércio	Indústria
3	1	4	28	8.931	Baixa / Média	Média / Alta	Sos Maria / Estrada II	Baixa / Média	Baixa / Média	0
5	1	4	37	18.433	Média	Baixa / Média	Sumaré / Sítio / Samambaia / Jd Cardoso	Média	Baixa / Média	0
Total	2	8	65	26.364						

Obs: Na coleta da Noite trabalhamos com 3 caminhões no total, 01 Diário e 02 alternando conforme a tabela acima.

Domingo

Setores	Caminhões	MO	KM	Peso	Macro características: Preqüentidade	Densidade de população	Bairro	Áreas de Jardins	Comércio	Indústria
Extra	1	4	33	9.200	Média / Alta	Média / Alta	Praia Grande / Parque Itaipu / Praia Bonsucesso Até / Bonsucesso Centro	Média / Alta	Média / Alta	0

Setores	Micro características
1	Região Central (Orla) e Baixa - Classe: Média/Alta, Comercios, moradores fixos, fluxo de gente local e turistas nos finais de semana e feriados;
2	Região Central (Orla) e Baixa - Classe: Média/Alta, Comercios, moradores fixos, fluxo de gente local e turistas nos finais de semana e feriados;
3	Região Sul - Classe: Baixa/Média, Moradores fixo, Bairro Estrada II - População (Alta), comercios;
4	Região Centro Oeste - Classe: Baixa/Média, Moradores fixo, Bairros do Interguinha População (Alta), comercios;
5	Região Central e Centro Oeste - Classe: Baixa/Média, Moradores fixos, comercios;

Alta Temporada Dia – Ref (Dez/14 - Jan/15 - Fev/15)

Coleta Diária					Macro caracteristica					
Setores	Caminhões	MO	KM	Peso	Prosperidade	Densidade de população	Bairro	Áreas de Jardins	Comércio	Indústria
1	1	4	27	8.166	Baixa / Média	Baixa	Sapézinho / Sertão do Ingá / Sertão da Quina / Sertão Araribá	Média / Alta	Média	0
2	1	4	23	7.824	Média / Alta	Média	Salga / Recanto da Lagoinha / Vila Mariana / Cabeça de Boi	Média / Alta	Média / Alta	
3	1	4	19	8.301	Média / Alta	Média	Jd. Marisol / Imobiliária / Promove / Bairro Porto do Eixo	Média / Alta	Média / Alta	
4	1	4	18	8.533	Média / Alta	Média / Alta	Beira Rio - Praia e Bairro / Rio da Prata / Tabatinga / Pulso	Média / Alta	Média / Alta	
5	1	4	50	7.087	Baixa / Média / Alta	Alta	Monte Valerio/ Rio Escuro / Fortaleza/ Praia Dura / Praia Vermelha do Sul / Folha Seca / Corcovado	Média / Alta	Média / Alta	
6	1	4	25	9.429	Baixa / Média	Média / Alta	Sertão do Sergio / Bairro Seis Marias / Estufa I I	Média / Alta	Média / Alta	
7	1	4	25	9.582	Média / Alta	Alta	Praia Verm.Norte / Itamambuca/ Felix / Promirim	Média / Alta	Média / Alta	
8	1	4	58	10.397	Média / Alta	Alta	Praia Sununga / Cond Dominga Dias / Praia Lazaro / Saco da Ribeira	Média / Alta	Média / Alta	
Total	10	32	245	69.319						

Coleta - Seg / Quarta / Sexta					Macro caracteristica					
Setores	Caminhões	MO	KM	Peso	Prosperidade	Densidade de população	Bairro	Áreas de Jardins	Comércio	Indústria
9	1	4	32	9.242	Baixa / Média / Alta	Média	Pereque Mirim / Estufa I / Parq.Vivamar	Média / Alta	Média / Alta	0
Total	1	4	32	9.242						

Coleta - Terça / Quinta / Sáb					Macro caracteristica					
Setores	Caminhões	MO	KM	Peso	Prosperidade	Densidade de população	Bairro	Áreas de Jardins	Comércio	Indústria
10	1	4	28	7.774	Baixa / Média / Alta	Média	Taquaral / Sumidouro / Usina Velha / Pedreira / Ressaca / Mato Dentro / Pq Ministério	Média / Alta	Média / Alta	0
Total	1	4	28	7.774						

Obs: Na coleta do Dia na Alta Temporada trabalhamos com 10 caminhões no total, 08 Diários e 02 alternando conforme a tabela acima.

Setores	Micro caracteristicas
1	Região Sul - Classe: Baixa/Média, Bairros mais afastado do centro, possui sitios, chacaras, na alta temporada lentidão no trânsito;
2	Região Sul (Orla) - Classe: Média/Alta, Popular (Turista) na alta temporada e feriados prolongados, na alta temporada lentidão no trânsito;
3	Região Sul (Orla) - Classe: Média/Alta, Popular (Turista) na alta temporada e feriados prolongados, na alta temporada lentidão no trânsito;
4	Região Sul (Orla) e Bairro - Classe: Média/Alta, Popular (Turista) na alta temporada e feriados prolongados, na alta temporada lentidão no trânsito;
5	Região Sul (Orla) - Classe: Baixa/Média/Alta, Popular (Turista) na alta temporada e feriados prolongados, na alta temporada lentidão no trânsito;
6	Região Central (Orla) - Classe: Baixa/Média, Bairro Estufa II muitos moradores, comercios;
7	Região Central (Orla) - Classe: Média/Alta, Popular (Turista) na alta temporada e feriados prolongados, na alta temporada lentidão no trânsito;
8	Região central - Classe: Média/Alta, Grande quantidade de imóveis comerciais e residenciais, na alta temporada lentidão no trânsito;
9	Região central - Classe: Baixa/Média/Alta, Bairro Pereque Mirim (Morro), Bairo Estufa I comercial e residencial;
10	Região centro oeste - Classe: Baixa/Média/Alta, Grande quantidade de imóveis comerciais e residenciais, na alta temporada lentidão no trânsito;

TERRAMELHOR
Inovação e Sustentabilidade

Alta Temporada Noite – Ref (Dez/14 - Jan/15 - Fev/15)

Coleta - Diária					Macro Caracteristicas					
Setores	Caminhões	MO	KM	Peso	Prosperidade	Densidade de população	Bairro	Áreas de Jardins	Comércio	Indústria
11	1	4	28	17.037	Média /Alta	Alta	Barra da Lagoa / Itagua Bairro / Av. Itaguá	Média	Média / Alta	
12	1	4	25	12.342	Média / Alta	Alta	Bairro Tenório / Bairro Praia Grande	Média / Alta	Média / Alta	
13	1	4	24	7.513	Média / Alta	Alta	Orla Maranduba / Containers (Contemar) / Orla Praia Grande	Baixa	Média / Alta	
14	1	4	17	9.300	Média / Alta	Alta	Containers P. Vermelha / Tenório / Containers P. Grande	Baixa	Média / Alta	
15	1	4	30	10.822	Média / Alta	Alta	Praia Enseada / Praia Toninhas / Praia Santa Rita	Baixa	Média / Alta	0
16	1	4	22	7.974	Média	Alta	Pereque Açu - Bairro	Média / Alta	Média / Alta	
17	1	4	24	8.650	Média	Alta	Barra Seca / Pereque Açu - Praia	Baixa	Média / Alta	
18	1	4	20	9.183	Média / Alta	Alta	Silop / Sumaré / Centro I I / Av Iperoig	Média	Média / Alta	
19	1	4	22	12.851	Média / Alta	Alta	Centro I	Média	Média / Alta	
Total	9	36	212	95.672						

Coleta - Seg / Quarta/ Sexta					Macro Caracteristicas					
Setores	Caminhões	MO	KM	Peso	Prosperidade	Densidade de população	Bairro	Áreas de Jardins	Comércio	Indústria
20	1	4	17	11.561	Baixa / Média	Alta	Pé da Serra / B.da Figueiras / Horto/Cach. dos Macacos / Emaus/Vale do Sol / Ipiranguinha / Morro das Moças	Baixa / Média	Média / Alta	0
Total	1	4	17	11.561						

Coleta - Terça / Quinta / Sáb					Macro Caracteristicas					
Setores	Caminhões	MO	KM	Peso	Prosperidade	Densidade de população	Bairro	Áreas de Jardins	Comércio	Indústria
21	1	4	30	7.011	Baixa / Média	Média	Vila Sumaré / Jardim Carolina / Bairro Samambaia / Bela Vista / Marafunda	Média	Média	0
Total	1	4	30	7.011						

Obs: Na coleta da Noite na Alta Temporada trabalhamos com 11 caminhões no total, 09 Diários e 02 alternando conforme a tabela acima.

Setores	Micro caracteristicas
11	Região central - Classe: Média/Alta, Grande quantidade de imóveis comerciais e residenciais, lentidão no trânsito;
12	Região central (Orla) - Classe: Média/Alta, Popular na alta temporada e feriados prolongados, lentidão no trânsito;
13	Região Sul (Orla) Divisa c/ Caraguá - Classe: Média/Alta, Popular na alta temporada e feriados prolongados, lentidão no trânsito;
14	Região central (Orla) - Classe: Média/Alta, Popular na alta temporada e feriados prolongados, lentidão no trânsito;
15	Região Sul (Orla) - Classe: Média/Alta, Popular na alta temporada e feriados prolongados, lentidão no trânsito;
16	Região Central (Orla) - Classe: Média, Popular na alta temporada e feriados prolongados;
17	Região Central (Orla) - Classe: Média, Popular na alta temporada e feriados prolongados;
18	Região central - Classe: Média/Alta, Grande quantidade de imóveis comerciais e residenciais, lentidão no trânsito;
19	Região central - Classe: Média/Alta, Grande quantidade de imóveis comerciais e residenciais, lentidão no trânsito;
20	Região centro oeste - Classe: Baixa/Média, Grande quantidade de imóveis comerciais e residenciais, lentidão no trânsito;
21	Região centro oeste - Classe: Baixa/Média, Residenciais, Bairro Bela Vista (Morro);