USINAS DE RECICLAGEM E COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES: UMA ANÁLISE DO PROCESSO DE PRODUÇÃO, COM CONSIDERAÇÕES SOBRE SUAS OPERAÇÕES UNITÁRIAS E OS RISCOS EXISTENTES À SAÚDE DOS TRABALHADORES - ESTUDOS DE CASOS.

LILIAN DE ASSIS MACHADO

Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil – Área: Hidráulica e Saneamento.

ORIENTADOR: Prof. Doutor Valdir Schalch.

São Carlos

1998

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Tratamento da Informação do Serviço de Biblioteca - EESC-USP

M149u

Machado, Lilian de Assis
Usinas de reciclagem e compostagem de resíduos sólidos domiciliares : uma análise do processo de produção, com considerações sobre suas operações unitárias e os riscos existentes à saúde dos trabalhadores-estudo de casos / Lilian de Assis Machado. -- São Carlos, 1998.

Dissertação (Mestrado). -- Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo, 1998.
Área: Hidráulica e Saneamento.
Orientador: Prof. Dr. Valdir Schalch.

1. Resíduos sólidos domiciliares. 2. Lixo domiciliar. 3. Gerenciamento de resíduos. 4. Reciclagem. 5. Usinas de lixo. 6. Usinas de reciclagem e compostagem. 7. Compostagem. 8. Saúde do trabalhador. I. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidata: Engenheira **LILIAN DE ASSIS MACHADO**

Dissertação defendida e aprovada em 22-5-1998
pela Comissão Julgadora:

Prof. Doutor **VALDIR SCHALCH (Orientador)**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)

Prof. Doutor **WELLINGTON CYRO DE ALMEIDA LEITE**
(UNESP - Campus de Guaratinguetá)

Prof. Doutor **EDSON MARTINS DE AGUIAR**
(Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo)

Prof. Titular **FAZAL HUSSAIN CHAUDHRY**
Coordenador da Área de Hidráulica e Saneamento

JOSÉ CARLOS A. CINTRA
Presidente da Comissão de Pós-Graduação da EESC

Dedico este trabalho aos meus pais Antonia e João; a Sandra, João e Luiz, Sueli e Renata; aos demais parentes e amigos que acompanharam esta minha jornada. A Júlia, Letícia e Ian.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por permitir que eu inicie uma nova etapa profissional.

Agradecimentos especiais e com muito carinho a *Ana, Áurea, Maria, Márcia, João Pedro, Carlos, Mércia, Marta, Marise e repectivas famílias*, pelo apoio, amizade, companheirismo, que foram dados durante o período de estada em Vitória.

Aos irmãos *João Henrique e Sandra* e a minha mãe - *Antonia*, pela importante ajuda na revisão da dissertação, e pelos incentivos dados durante todo o tempo de curso e de elaboração da dissertação de mestrado.

À amiga e professora *Sônia* - UFRJ, pela amizade e pela grande ajuda, dedicação, sugestões, dadas durante a elaboração final do trabalho.

Ao grande amigo e orientador, Professor Dr. *Valdir Schalch*, pela dedicação e pelo apoio dados para a finalização deste trabalho, e a sua esposa *Néia Schalch*, pela amizade e paciência nos intercâmbios dos materiais de pesquisa, trabalhos, cartas e documentos.

Ao amigo e Físico *Nilton Guedes da Silva* pela amizade e pelo apoio dado durante o período de estada em São Carlos.

Aos amigos *Margarida, Bruno, Solange, Ana Cristina, Cláudio, Miriam, Fabíola, Kelly, Luciane*, pelas amizades e os apoios (imprescindíveis) dados durante a finalização desta dissertação.

Ao *João Bosco L. Andrade*, pela amizade e pela troca de idéias na fase inicial de elaboração desta dissertação.

Ao Engenheiro Mecânico *Marcus César A. A. Castro* e sua esposa *Fabiana* pela troca de idéias, apoio e amizade.

Às *secretárias do Departamento de Hidráulica e Saneamento* da USP de S. Carlos, em especial à *Pavi*, secretária da pós-graduação, por sua amizade, paciência e orientação para solução dos problemas burocráticos.

Ao Sr. *Maurício Madeira Guimarães*, gerente da Usina de Jacarepaguá por ocasião da coleta dos dados, por sua compreensão e sua ajuda na realização deste trabalho de pesquisa, permitindo a utilização dos dados de produção para fins de progresso social e científico.

Ao *Armando*, fiscal da Limpurb - Usina de S. Matheus.

Ao Sr. *Carlos Alberto de Lima*, Diretor de Operação da Usina de Lixo de Vitória.

A todos os *funcionários das usinas* que ajudaram na realização deste trabalho.

A Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - *CAPES*, pela bolsa de estudo concedida.

"Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente saudável e equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à qualidade de vida, impondo-se a todos, e em especial ao Poder Público, o dever de defendê-lo, zelar por sua recuperação e proteção em benefício das gerações atuais e futuras." - CONSTITUIÇÃO DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO, CAPÍTULO DO MEIO AMBIENTE (ART.258).

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS xvii

LISTA DE TABELAS xxiii

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS xxix

RESUMO xxxi

ABSTRACT xxxiii

1 INTRODUÇÃO 1

2 OBJETIVOS 5

3 REVISÃO DE LITERATURA 7
3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES 7
3.1.1 Gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares 11
3.1.2 Reciclagem dos resíduos sólidos domiciliares 20

3.2 AS USINAS DE RECICLAGEM E COMPOSTAGEM COMO SISTEMAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES 28
3.2.1 Implantação das usinas no Brasil 30
3.2.2 Descrição geral dos processos nas usinas de reciclagem e compostagem 33
3.2.3 O processo de compostagem 37
3.2.3.1 O composto orgânico 43
3.2.3.2 Os sistemas de compostagem visitados 45
3.2.3.2.1 O processo DANO de compostagem 46
3.2.3.2.2 O processo TRIGA de compostagem 49
3.2.3.2.3 O processo de Leiras Estáticas Aeradas 49
3.2.3.2.4 O processo Natural 50

3.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES 50

3.4 DESCRIÇÃO DAS USINAS DE RECICLAGEM E COMPOSTAGEM VISITADAS 55
3.4.1 Usina de Jacarepaguá 55
3.4.1.1 Fluxograma e descrição das etapas de processamento 56
3.4.1.1.1 Recepção 60
3.4.1.1.2 Fossos de estocagem e moegas de alimentação 60
3.4.1.1.3 Peneiras de separação primária 61
3.4.1.1.4 Mesas de catação primárias 63
3.4.1.1.5 Bioestabilizadores ou sistema de digestão acelerada 65
3.4.1.1.6 Peneiras de separação secundárias e mesas de catação secundárias 66
3.4.1.1.7 Terminal de rejeito 67
3.4.1.1.8 Terminal de composto e pátio de compostagem 68
3.4.1.1.9 Beneficiamento do composto 69
3.4.1.1.10.Distribuição da mão-de-obra 70
3.4.2 Usina de São Matheus 73
3.4.2.1 Fluxograma e descrição das etapas de processamento 74
3.4.2.1.1 Recepção 77
3.4.2.1.2 Pátio de descarga do lixo e moegas de alimentação do processo 77
3.4.2.1.3 Linhas de catação 78
3.4.2.1.4 Saída dos dutos de descarga dos recicláveis 79
3.4.2.1.5 Ponto de descarga dos materiais ferrosos 80
3.4.2.1.6 Bioestabilizadores ou sistemas de digestão acelerada 80
3.4.2.1.7 Saída do biodigestor, peneiramento 81
3.4.2.1.8 Linhas e terminais de rejeito 81
3.4.2.1.9 Terminal de composto 82
3.4.2.1.10 Distribuição da mão-de-obra 83
3.4.3 Usina de Vitória 85
3.4.3.1 Fluxograma e descrição das etapas de processamento 86
3.4.3.1.1 Recepção 89
3.4.3.1.2 Vazamento dos resíduos (fosso de estocagem e moegas de alimentação dos resíduos) 89
3.4.3.1.3 Esteira de catação 90
3.4.3.1.4 Terminal de composto 90
3.4.3.1.5 Segregação dos recicláveis, prensagem e estocagem 91
3.4.3.1.6 Pátio de compostagem 91
3.4.3.1.7 Beneficiamento do composto 92
3.4.3.1.8 Distribuição da mão-de-obra 93
3.4.4 Características das áreas de abrangência das usinas estudadas 93

3.5 OS RISCOS E OS AGENTES DE RISCO À SAÚDE DO TRABALHADOR. 96
3.5.1 Saúde dos trabalhadores da área de tratamento e manejo de resíduos sólidos domiciliares 98
3.5.2 Aspectos da segurança do trabalho nas usinas de reciclagem e compostagem 101

4 METODOLOGIA 107
4.1 Coleta dos dados operacionais 108

4.1.2 Caracterização dos resíduos sólidos presentes nas linhas de processo da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá 109

5 RESULTADOS 113
5.1 Resultados da Usina de Jacarepaguá 113
5.1.1 Composição física dos resíduos sólidos destinados à usina de Reciclagem e compostagem de Jacarepaguá-RJ 114
5.1.2 Características dos principais equipamentos utilizados no processo 114
5.1.3. Caracterização física dos resíduos sólidos presentes nas linhas de rejeito provenientes das linhas de catação primária da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepguá-RJ 115
5.1.4 Caracterização física dos resíduos presentes nos transportadores de correia da linha de alimentação dos bioestabilizadores da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepguá-RJ 116
5.1.5 Caracterização física da linha de rejeito das saídas das peneiras secundárias da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá-RJ 117
5.1.6 Produção mensal da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ.... 118
5.1.7 Problemas de paradas de processo 123
5.1.8 Gastos energéticos 124
5.2 Usina de São Matheus 125
5.2.1 Composição física dos resíduos sólidos destinados à usina de Reciclagem e compostagem de São Matheus 125
5.2.2 Produção mensal da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus 125
5.3 Resultados do levantamento dos riscos e dos agentes de riscos à saúde do trabalhador de usinas de reciclagem e compostagem 130
5.3.1 Recepção 130
5.3.2 Fossos de estocagem e moegas de alimentação 132
5.3.3 Setores localizados após a moega de alimentação do processo 132
5.3.4 Catação dos materiais recicláveis 133
5.3.5 Remoção de materiais ferrosos por eletroímã suspenso 134
5.3.6 Saída dos bioestabilizadores 134
5.3.7 Peneiras rotativas primárias e secundárias 135
5.3.8 Terminal de rejeito 135
5.3.9 Terminal de composto 136
5.3.10 Pátio de compostagem 137
5.3.11 Beneficiamento do composto 138
5.3.12 Motoristas e operadores de trator 138

6 DISCUSSÕES DOS RESULTADOS 139
6.1 Sobre a Usina de Jacarepaguá 139
6.1.1 Sobre a caracterização física dos resíduos sólidos presentes nas linhas de rejeito provenientes das linhas de catação primária 139
6.1.2 Sobre a caracterização física dos resíduos presentes nos transportadores de correia da linha de alimentação dos bioestabilizadores 141
6.1.3 Sobre a caracterização física da linha de rejeito das saídas das peneiras secundárias 142

6.1.4 Sobre a produção de recicláveis e rejeitos, e dos problemas de paradas de processo 144
6.1.5 Sobre as características dos principais equipamentos utilizados no processo e os gastos energéticos 155
6.2 Sobre a usina de São Matheus 155
6.2.1 Sobre a produção de recicláveis e rejeitos 155
6.3 Sobre os riscos e dos agentes de riscos à saúde do trabalhador de usinas de reciclagem e compostagem 164
6.3.1 Recepção 164
6.3.2 Fossos de estocagem e moegas de alimentação 165
6.3.3 Setores localizados após a moega de alimentação do processo 166
6.3.4 Catação dos materiais recicláveis 167
6.3.5 Remoção de materiais ferrosos por eletroímã suspenso 167
6.3.6 Saída dos bioestabilizadores 168
6.3.7 Peneiras rotativas primárias e secundárias 168
6.3.8 Terminal de rejeito 168
6.3.9 Terminal de composto 169
6.3.10 Pátio de compostagem 169
6.3.11 Beneficiamento do composto 169
6.3.12 Motoristas e operadores de trator 170
6.4 Considerações sobre as operações unitárias utilizadas nas usinas de reciclagem e compostagem estudadas, e sobre os bioestabilizadores 170
6.4.1 Operações unitárias para estocagem de sólidos 171
6.4.2 Operações de transporte de sólidos 175
6.4.3 Separação de sólido-sólido 178
6.4.4 Considerações sobre os bioestabilizadores 184

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS 187

ANEXO A – Escalas para classificação do lixo e do composto orgânico 193
ANEXO B – Fotografias das usinas de reciclagem e compostagem visitadas e dos seus equipamentos 197
ANEXO C – Modelo do questionário utilizado nas visitas técnicas às usinas de reciclagem e compostagem 241
ANEXO D – Tabelas e gráficos decorrentes das análises dos dados de produção da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá – RJ 249
ANEXO E – Tabelas e gráficos decorrentes das análises dos dados de produção da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP 249
ANEXO F – Valores médios de produção de usinas de reciclagem e compostagem de grande e de pequeno porte (GALVÃO Jr. (1994)) 277

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 281

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Fluxograma de gerenciamento de resíduos sólidos, considerando apenas o aterro sanitário como tratamento e destino final..... 12

FIGURA 2: Fluxograma de gerenciamento de resíduos sólidos, considerando a utilização de vários sistemas de tratamento de resíduos sólidos..... 13

FIGURA 3 - Fluxograma resumido dos processos das usinas de reciclagem e compostagem brasileiras..... 33

FIGURA 4 - Esquema representativo do procedimento de caracterização física dos resíduos sólidos domiciliares.. 54

FIGURA 5 - Vista superior dos principais setores da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ.. 58

FIGURA 6 - Fluxograma do processo da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ. 59

FIGURA 7 - Vista superior dos principais setores da usina de São Matheus - SP..... 75

FIGURA 8 - Fluxograma do processo da usina de São Matheus - SP..... 76

FIGURA 9 - Vista superior dos principais setores da usina de reciclagem e compostagem de Vitória - ES..... 87

FIGURA 10 - Fluxograma do processo da usina de reciclagem e compostagem de Vitória-ES.. 88

FIGURA 11 - Distribuição percentual da média da freqüência dos acidentes ocorridos na usina de reciclagem e compostagem de Irajá (1978-1990) - RJ..... 104

FIGURA 12 - Representação gráfica dos tipos de acidentes ocorridos na usina de reciclagem e compostagem do Caju (jul/93 e set/93) - RJ.. 105

FIGURA 13 - Apresentação dos pontos de coleta de amostra para caracterização física dos resíduos da linha de processo na usina de Jacarepaguá.. 111

FIGURA 14 - Exemplo de tremonha vibratória (PERRY & CHILTON, 1985).. 172

FIGURA 15 - Exemplos do funcionamento dos separadores magnéticos..... 184

FIGURA B1 – Pátio de alimentação e fossos de estocagem (Jacarepaguá – RJ)..... 199

FIGURA B2 - Descarga do lixo no fosso de estocagem (Jacarepaguá - RJ) 199

FIGURA B3 - Moega de alimentação e transportador de chapas articuladas, parede frontal com escudo de alimentação (Jacarepaguá - RJ). 200

FIGURA B4 - Moega de alimentação em funcionamento (Jacarepaguá - RJ). 200

FIGURA B5 - Vista lateral da peneira de separação primária (Jacarepaguá - RJ).. 201

FIGURA B6 - Esteira transportadora conduzindo os resíduos da peneira de separação primária para o setor de catação primária (Jacarepaguá - RJ). 202

FIGURA B7 - Mesas de catação primária (Jacarepaguá - RJ). 202

FIGURA B8 - Eletroíma da mesa de catação primária (Jacarepaguá - RJ). 203

FIGURA B9 - Transportador pneumático (Jacarepaguá - RJ). 203

FIGURA B10 - Resíduos causadores de entupimento das linhas e acumulados na entrada da moega de transferência (Jacarepaguá - RJ). 204

FIGURA B11 - Sucatas ferrosas (Jacarepaguá - RJ). 204

FIGURA B12 - Baias de estocagem de plástico duro e de metais ferrosos (Jacarepaguá - RJ). 205

FIGURA B13 - Baias de estocagem de sucata ferrosa, e linhas de rejeito (Jacarepaguá - RJ). 205

FIGURA B14 - Baias de estocagem de plásticos (Jacarepaguá - RJ). 206

FIGURA B15 - Baias de estocagem de alumínio (Jacarepaguá - RJ). 206

FIGURA B16 - Saída da peneira primária e alimentação do bioestabilizador (Jacarepaguá - RJ). 207

FIGURA B17 - Entrada do bioestabilizador com contêiner de remoção de metais ferrosos (Jacarepaguá - RJ). 208

FIGURA B18 - Bioestabilizador e prédio de catação secundária (Jacarepaguá - RJ). . .208

FIGURA B19 - Saída do bioestabilizador no prédio de catação secundária (Jacarepaguá - RJ). 209

FIGURA B20 - Peneira e mesa de catação secundárias (Jacarepaguá - RJ). 210

FIGURA B21 - Terminal de rejeito e linhas de rejeito das mesas de catação secundárias (Jacarepaguá - RJ). 211

FIGURA B22 - Transportador de correia do composto cru após o peneiramento secundário (Jacarepaguá - RJ). 212

FIGURA B23 - Saída do terminal de composto (Jacarepaguá - RJ). 213

FIGURA B24 - Leiras de compostagem - pátio de compostagem (Jacarepaguá - RJ). .213

FIGURA B25 - Moega de alimentação, peneira rotativa, e transportador de canecos-setor de beneficiamento do composto (Jacarepaguá - RJ). 214

FIGURA B26 - Saída do composto maturado e peneirado (Jacarepaguá - RJ). 214

FIGURA B27 - Saída dos rejeitos do setor de beneficiamento do composto (Jacarepaguá - RJ). 215

FIGURA B28 - E.T.E. - tanque de aeração (Jacarepaguá - RJ). 215
FIGURA B29 - E.T.E. - Leitos de secagem (Jacarepaguá - RJ). 216
FIGURA B30 - Pátio de descarga do lixo (São Matheus - SP). 216
FIGURA B31 - Entrada da moega de alimentação (São Matheus - SP). 217
FIGURA B32 - Pá mecânica transportando o lixo para a moega de alimentação (São Matheus - SP). 217
FIGURA B33 - Entrada da moega de alimentação em funcionamento (São Matheus - SP). 218
FIGURA B34 - Transportadores de chapas articuladas (São Matheus - SP). 218
FIGURA B35 - Transportadores de chapas articuladas em funcionamento (São Matheus - SP). 219
FIGURA B36 - Mesa de catação de recicláveis (São Matheus - SP). 219
FIGURA B37 - Eletroímã suspenso no final da mesa de catação (São Matheus - SP). 220
FIGURA B38 - Resíduos após o eletroímã e entrada do duto de alimentação do bioestabilizador (São Matheus - SP). 220
FIGURA B39 - Saída dos dutos de descarga dos recicláveis (São Matheus - SP). 221
FIGURA B40 - Ponto de descarga dos materiais ferrosos; bioestabilizador (saída do prédio das mesas de catação). (São Matheus - SP). 221
FIGURA B41 - Entrada do bioestabilizador (São Matheus - SP). 222
FIGURA B42 - Bioestabilizador e prédio de saída dos bioestabilizadores (São Matheus - SP). 223
FIGURA B43 - Saída do bioestabilizador (São Matheus - SP). 224
FIGURA B44 - Peneira rotativa (São Matheus - SP). 225
FIGURA B45 - Linha de catação do terminal de rejeito (São Matheus - SP). 226
FIGURA B46 - Saídas e baias de estocagem do terminal de rejeito (São Matheus - SP). 227
FIGURA B47 - Separador balístico do teminal de rejeito (São Matheus - SP). 227
FIGURA B48 - Vista geral dos terminais de composto e de rejeito (São Matheus - SP). 228
FIGURA B49 - Leiras de composto cru e pátio de compostagem (São Matheus - SP). 228
FIGURA B50 - Fosso de estocagem de resíduos (Vitória - ES). 229
FIGURA B51 - Garra tipo pólipo alimentando as moegas de alimentação do processo (Vitória - ES). 229

FIGURA B52 - Moega de alimentação e tambor revolvedor (Vitória - ES). 230

FIGURA B53 - Vista geral da mesa de catação (Vitória - ES). 230

FIGURA B54 - Término da mesa de catação, entrada do moinho (Vitória - ES). 231

FIGURA B55 - Saída do moinho, eletroíma e esteira transportadora do terminal de composto (Vitória - ES). 232

FIGURA B56 - Vista lateral da mesa de catação, dutos de transporte, mesas de separação de recicláveis e prensa (Vitória - ES). 233

FIGURA B57 - Fardos de papel e papelão - estoque em galpão (Vitória - ES). 233

FIGURA B58 - Fardos de plástico filme - estoque em pátio (Vitória - ES). 234

FIGURA B59 - Terminal de composto (Vitória - ES). 234

FIGURA B60 - Leiras de compostagem estáticas aeradas (Vitória - ES). 235

FIGURA B61 - Sistema de aeração da compostagem (Vitória - ES). 235

FIGURA B62 - Saída do rejeito da peneira rotativa (Vitória - ES). 236

FIGURA B63 - Saída do composto da peneira rotativa e esteira transportadora de alimentação da peneira vibratória (Vitória - ES). 236

FIGURA B64 - Peneira vibratória e composto peneirado (Vitória - ES). 237

FIGURA B65 - Amostragem dos resíduos sólidos da linha de catação primária para caracterização física (Jacareapguá - RJ). 238

FIGURA B66 - Caracterização física dos resíduos sólidos da mesa de catação primária - recicláveis separados por categoria (Jacarepaguá - RJ). 238

FIGURA B67 - Quarteamento dos resíduos sólidos da linha de alimentação dos bioestabilizadores (Jacarepaguá - RJ). 239

FIGURA B68 - Separação física dos resíduos sólidos da linha de alimentação dos bioestabilizadores (Jacarepaguá - RJ). 239

FIGURA B69 - Amostragem dos resíduos sólidos da linha de catação secundária para caracterização física (Jacarepaguá - RJ). 240

FIGURA B70 - Higienizadores da usina de reciclagem e compostagem do sistema TRIGA (Caju - RJ). 240

FIGURA D1 – Gráfico dos totais da produção e das curvas de perda e/ou acúmulo da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ. 261

FIGURA D2 – Gráfico da produção dos totais da produção da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá – RJ. 262

FIGURA D3 – Gráfico da produção dos totais da produção da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá – RJ. 262

FIGURA D4 – Gráfico dos totais mensais dos tempos de funcionamento, de parada e de horas previstas da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá – RJ. 263

FIGURA D5 – Gráfico dos totais mensais dos tempos de paralisação segundo as causas, da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá – RJ. . 263

FIGURA D6 – Gráfico dos totais mensais dos tempos de paralisação, segundo as causas, e do tempo total de funcionamento da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá – RJ. 264

FIGURA D7 – Gráfico das eficiências dos recicláveis em relação ao lixo processado na usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá – RJ. 265

FIGURA D8 – Eficiência dos recicláveis em relação ao total reciclado na usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá – RJ. 265

FIGURA D9 – Gráfico das eficiências dos recicláveis em relação à quantidade de recicláveis existentes no lixo processado (caracterização) na usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá – RJ. 266

FIGURA E1 – Gráfico dos totais da produção e das curvas de perda e/ou acúmulo da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus – SP. 274

FIGURA E2 – Gráfico da produção dos totais da produção da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus – SP. 274

FIGURA E3 – Gráfico das eficiências dos recicláveis em relação ao lixo processado na usina de reciclagem e compostagem de São Matheus – SP. 275

FIGURA E4 – Eficiência dos recicláveis em relação ao total reciclado na usina de reciclagem e compostagem de São Matheus – SP. 275

FIGURA E5 – Gráfico das eficiências dos recicláveis em relação a quantidade de recicláveis existentes no lixo processado (caracterização) na usina de reciclagem e compostagem de São Matheus – SP. 276

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Tratamento e disposição final do lixo no Brasil. 8

TABELA 2 - Vantagens e desvantagens do aterro sanitário. 17

TABELA 3 - Vantagens e desvantagens da incineração. 18

TABELA 4 - Vantagens e desvantagens das usinas de reciclagem e compostagem. 19

TABELA 5 - Vantagens e desvantagens da trituração do lixo. 19

TABELA 6 - Caracterização dos resíduos sólidos domiciliares de algumas cidades brasileiras. 22

TABELA 7 - Comparação das estimativas das composições médias do lixo domiciliar brasileiro e de outros países. 24

TABELA 8 - Recuperação energética obtida com a reciclagem - alguns produtos. 25

TABELA 9 - Energia empregada para a produção de uma tonelada de metal (kWh/t) e redução percentual de consumo. 25

TABELA 10 - Beneficios ambientais derivados da substituição de recursos virgens por materiais secundários. 26

TABELA 11 - Distribuição da mão - de - obra da usina de Jacarepaguá (1995). 70

TABELA 12 - Distribuição da mão - de - obra da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepagúa por segregação de recicláveis (1995). 70

TABELA 13 - Distribuição da mão - de - obra da gerência da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá (1995). 71

TABELA 14 - Distribuição da mão - de - obra da divisão de produção da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá (1995). 71

TABELA 15 - Distribuição da mão - de - obra da divisão de produção (2° e 3° turnos) da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá (1995). 72

TABELA 16 - Distribuição da mão - de - obra da divisão de manutenção da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá (1995). 72

TABELA 17 - Distribuição da mão - de - obra da divisão de conservação da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá (1995). 73

TABELA 18 - Distribuição da mão - de - obra da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus (1995).....83

TABELA 19 - Distribuição da mão - de - obra do setor de administração da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus (1995).....83

TABELA 20 - Distribuição do setor de produção da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus.....84

TABELA 21 - Distribuição da mão - de - obra do setor de apoio da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus (1995).....84

TABELA 22 - Distribuição da mão - de - obra do setor técnico de manutenção e montagem da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus (1995).....84

TABELA 23 - Distribuição geral da mão - de - obra masculina e feminina da usina de reciclagem e compostagem de Vitória (1995).....93

TABELA 24 - Incidência de Parasitas - Quadro Comparativo entre a população catadora de lixo do lixão da Terra Dura e a população do Estado do Sergipe (1989).....100

TABELA 25 - Perecentual de empregados dispensados por doença em Porto Alegre. .100

TABELA 26 - Classificação dos tipos de acidentes ocorridos na usina de Irajá - RJ.....103

TABELA 27 - Freqüência dos acidentes ocorridos na usina de Irajá - RJ.....104

TABELA 28 - Distribuição de acidentes na usina do Caju - Rio de Janeiro, no período de julho a setembro de 1992.....105

TABELA 29 - Composição física do lixo da região de coleta da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ.....114

TABELA 30 - Caracterização do funcionamento dos equipamentos da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá (RJ).....114

TABELA 31 - Resultados da caracterização do rejeito das mesas de catação primária. 115

TABELA 32 - Resultados da caracterização do transportador de correia na alimentação dos bioestabilizadores.....116

TABELA 33 - Resultados da caracterização do rejeito das peneiras secundárias.....117

TABELA 34 - Totais da produção mensal da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ.....118

TABELA 35 - Produção mensal por linha de operação da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ(3).....119

TABELA 36 - Produção diária por linha de operação da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ (3).....120

TABELA 37 - Produção mensal de recicláveis da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ.....121

TABELA 38 - Totais de tempos de operação e de paradas do processo na usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ[3]. 123

TABELA 39 - Relação dos principais motores elétricos e suas respectivas potências da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ (continua). 124

TABELA 40 - Composição física dos resíduos sólidos domiciliares destinados à usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP. 125

TABELA 41 - Totais da produção mensal da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP. 126

TABELA 42 - Produção mensal por linha de operação da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP. 127

TABELA 43 - Produção mensal de recicláveis da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP. 128

TABELA 44 - Resumo dos resultados da caracterização do rejeito das mesas de catação primária. 140

TABELA 45 - Resumo dos resultados da caracterização do transportador de correia na alimentação dos bioestabilizadores. 141

TABELA 46 - Resumo dos resultados da caracterização do rejeito das peneiras secundárias. 143

TABELA 47 - Médias das produções, por períodos, obtidas na usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ. 144

TABELA 48 - Comparação percentual das médias das produções obtidas na usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ. 145

TABELA 49 - Médias das produções, por períodos iguais, obtidas na usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ. 145

TABELA 50 - Comparação percentual, em períodos iguais, das médias das produções obtidas na usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ. 146

TABELA 51 - Médias dos tempos de paradas e de operação, por períodos, usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ. 149

TABELA 52 - Relações percentuais das produções de resíduos em relação ao lixo processado (valores médios, máximos e mínimos), da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ. 151

TABELA 53 - Médias das eficiências do processo em relação ao lixo processado, por período, da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ. .. 151

TABELA 54 - Relações percentuais em peso dos produtos e rejeito, em relação ao peso total de recicláveis produzidos (valores médios, máximos e mínimos), da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ. 152

TABELA 55 - Médias das relações percentuais em peso dos produtos e rejeito em relação ao peso total de recicláveis produzidos, por período, da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ. 153

TABELA 56 - Médias das eficiências de remoção de recicláveis em relação à quantidade de reciclável existente na massa de lixo processada da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ. 154

TABELA 57 - Médias das eficiências de remoção de recicláveis, por períodos, em relação à quantidade de reciclável existente na massa de lixo processada da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ 154

TABELA 58 - Resumo geral do consumo teórico de energia, em kWh, pelos principais equipamentos da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ. 155

TABELA 59 - Médias das produções, por períodos, obtidas na usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP. 156

TABELA 60 - Comparação percentual das médias das produções obtidas na usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP. 157

TABELA 61 - Médias das produções, por períodos iguais, obtidas na usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP. 157

TABELA 62 - Comparação percentual, em períodos iguais, das médias das produções obtidas na usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP. ... 158

TABELA 63 - Relações percentuais das produções de resíduos em relação ao lixo processado (valores médios, máximos e mínimos), da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP. 160

TABELA 64 - Médias das eficiências do processo em relação ao lixo processado, por período, da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP. . 161

TABELA 65 - Relações percentuais em peso dos produtos e rejeito, em relação ao peso total de recicláveis produzidos (valores médios, máximos e mínimos), da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP. 161

TABELA 66 - Médias das relações percentuais em peso dos produtos e rejeito em relação ao peso total de recicláveis produzidos, por período, da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP. 162

TABELA 67 - Médias das eficiências de remoção de recicláveis em relação à quantidade de reciclável existente na massa de lixo processada da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP. 163

TABELA 68 - Médias, em períodos iguais, das eficiências de remoção de recicláveis em relação à quantidade de reciclável existente na massa de lixo processada da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP. 164

TABELA A1 – Valores em material com umidade natural. 195

TABELA A2 – Valores em material seco a 110°C. 195

TABELA A3 – Parâmetros utilizados na indicação do grau de maturação dos compostos orgânicos do lixo urbano domiciliar. 196

TABELA D1 – Quantidade de recicláveis existentes no lixo processado, calculado a partir da caracterização física do lixo domiciliar da região de coleta da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá – RJ. 251

TABELA D2 – Eficiência de remoção de reciclável em relação ao lixo processado da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá – RJ. 253

TABELA D3 – Eficiência de remoção de reciclável em relação ao total de reciclável produzido na usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá – RJ. 254

TABELA D4 – Eficiência de remoção de reciclável em relação ao total de reciclável existente no lixo processado (caracterização) na usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá – RJ. 255

TABELA D5 – Consumo teórico de energia da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá – RJ. 256

TABELA D6 – Relações percentuais dos consumos energéticos por equipamentos, da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá – RJ. 259

TABELA D7 – Consumo de energia e custo teóricos da tonelada processada da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá – RJ. 260

TABELA E1 – Quantidade de recicláveis existentes no lixo processado, calculado a partir da caracterização física do lixo domiciliar da região de coleta da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus – SP. 269

TABELA E2 – Eficiência de remoção de reciclável em relação ao lixo processado da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus – SP. 271

TABELA E3 – Eficiência de remoção de reciclável em relação ao total de reciclável produzido na usina de reciclagem e compostagem de São Matheus – SP. 272

TABELA E4 – Eficiência de remoção de reciclável em relação ao total de reciclável existente no lixo processado (caracterização) na usina de reciclagem e compostagem de São Matheus – SP. 273

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABAL	- Associação Brasileira do Alumínio
ABIVIDRO	- Associação Técnica Brasileira das Indústrias Automáticas de Vidro
ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABREMPLAST	- Associação Brasileira de Reciclagem de Materiais Plásticos
AI	- Ato Inseguro
AM	- Amazonas, estado brasileiro
AP	- Área de Planejamento
BA	- Bahia, estado brasileiro
BNDES	- Banco Nacional de Desenvolvimento Social
Ca	- Cálcio
Cal	- Caloria
CE	- Ceará, estado brasileiro
CEMPRE	- Compromisso Empresarial Para Reciclagem
CETESB	- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CH_4	- Gás Metano
CI	- Condição Insegura
cm	- Centímetro
CO_2	- Dióxido de Carbono
COMLURB	- Companhia Municipal de Limpeza Urbana
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
DANO	- Sistema de compostagem
DF	- Distrito Federal
EIA	- Estudo de Impacto Ambiental
EPC	- Equipamento de Proteção Coletiva
EPI	- Equipamento de Proteção Individual
ES	- Espírito Santo, estado brasileiro
EUA	- United States of America, ou Estados Unidos da América
Fe	- Ferro
g	- Grama
h	- Hora
H_2S	- Gás sulfídrico
hab/km^2	- Densidade populacional
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IplanRIO	– Empresa Municipal de Informática e Planejamento S.A.
IPT	- Instituto de Pesquisas Tecnológicas
K	- Potássio
kcal/kg	- Quilocaloria por quilograma
kg	- Quilograma
kg/m^3	- Quilograma por metro cúbico
km^2	- Quilômetro ao quadrado
kW	- Kilowatt
kWh	- kilowatt-hora
l	- Litro
m	- Metro
m/s	- Metro por segundo
m^2	- Mmetro quadrado
m^3	- Metro cúbico
Mg	- Magnésio
mg/l	- miligrama por litro
MG	- Minas Gerais, estado brasileiro
mm	- Milímetro
N	- Nitrogênio
NH_3	- Amônia
NR	- Norma Regulamentadora, legislação de Segurança Higiene e Medicina do Trabalho
O_2	- Gás oxigênio
°C	- Graus centígrado ou Grau Celsius
P	- Fósforo
PE	- Pernambuco, estado brasileiro
PET	- Polietileno Tereftalato (material plástico)
PR	- Paraná, estado brasileiro
PVC	- Policloreto de Vinila (material plástico)
R$	- Real, unidade monetária
RA	- Região Administrativa
RJ	- Rio de Janeiro, estado brasileiro
RS	- Rio Grande do Sul
SP	- São Paulo, estado brasileiro
t	- Tonelada
t/d	- Tonelada por dia
TRIGA	- Sistema de compostagem
URC	- Usina de Reciclagem e Compostagem
US$	- Dólar, unidade monetária
VDRL	- Venereal Disease Research Laboratory, ou Exame laboratorial de doença venérea
$/t	- Unidade Monetária por Tonelada
%	- Percentual ou percentagem

RESUMO

MACHADO, Lilian de Assis (1998). *Usinas de reciclagem e compostagem de resíduos sólidos domiciliares: uma análise do processo de produção, com considerações sobre suas operações unitárias e os riscos existentes à saúde dos trabalhadores - estudos de casos.* São Carlos, 1998. 294p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Os Municípios brasileiros passam por sérios problemas referentes ao gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares, agravados pela falta de recursoso técnicos e financeiros. Em muitos casos a técnica tem sucumbido ao improviso e a preservação do meio ambiente não tem sido considerada como um fator relevante ao desenvolvimento social.

As usinas de reciclagem e compostagem são parte dos sistemas de tratamento de resíduos sólidos domiciliares utilizados no Brasil. Existiam até 1994, cerca de 71 usinas instaladas de 10 sistemas diferentes.

Este trabalho apresenta um estudo sobre processamento de resíduos sólidos domiciliares em uma usina do sistema Dano, com dados reais de produção e verificação do processo nos principais pontos, por meio da caracterização física dos resíduos sólidos. São apresentadas descrições dos sistemas visitados, e observações referentes aos aspectos de saúde e segurança do trabalhador.

Palavras-chave: resíduos sólidos domiciliares, lixo domiciliar, gerenciamento de resíduos, reciclagem, usinas de lixo, usinas de reciclagem e compostagem, compostagem, saúde do trabalhador.

ABSTRACT

MACHADO, Lilian de Assis (1998). *Recycling and composting systems of domestic solid waste: the production processing analysis with consideration about unit operations and risk of worker health – cases.* São Carlos, 1998. 294p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

Brazilian municipal districts pass by serious problems due to the residues, worsened by the lack of technical and financial resources. In many cases the technique has been succumbing to improvisation and the preservation of the environment has been considered as an important factor to the social development.

The recycling and composting system (or material recovery facilities (MRF) with a composting system) are one of the systems of treatment of domestic solid waste used in Brazil. They existed, up to 1994, about 71 installed of 10 different systems.

This work presents a study about the processing of domestic solid waste in an recycling with DANO composting system, with real data of production and verification of the process in the main points, by means of the physical characterization of the solid residues. The complete descriptions of the visited systems, and observations of the aspects of health and the worker' s safety.

Key words: domestic solid waste, domestic waste, waste management, recycling, garbage, material recovery facilities(MRF), recycling with composting system, composting technologies, the worker's health.

1 INTRODUÇÃO

Os resíduos sólidos domiciliares, também conhecidos como lixo domiciliar, são considerados focos de poluição ambiental se dispostos irregularmente no meio ambiente. Entretanto, bem gerenciados, tais resíduos podem fornecer benefícios ambientais e econômicos.

Durante décadas no Brasil a reciclagem do lixo domiciliar foi explorada informalmente por famílias, na maior parte das vezes marginalizadas socialmente. Hoje, o mercado da reciclagem encontra-se mais organizado. Os pequenos catadores estão formando cooperativas com o apoio de instituições públicas e privadas. As grandes indústrias estão investindo em tecnologia para a reciclagem industrial e em programas sociais beneficiando a reutilização, redução e reciclagem dos resíduos, por parte da população.

As usinas de reciclagem e compostagem são sistemas de tratamento que visam recuperar os materiais recicláveis presentes nos resíduos sólidos domiciliares e comercializá-los para utilização em processos de reciclagem industrial. Em relação à matéria orgânica, as usinas visam degradá-la por meio de processos biológicos, transformando-a em um condicionador de solos. Deste modo, tais sistemas encontram pontos convergentes com o contexto sócio-econômico do mercado da reciclagem, pois promovem o retorno destes materiais aos ciclos de consumo e de produção, além de auxiliar o crescimento deste ramo de negócios no Brasil e de reduzir a quantidade de resíduos lançados nos aterros sanitários, prolongando sua vida útil.

Sob o ponto de vista tecnológico, o desempenho das usinas de reciclagem e compostagem no Brasil não vem apresentando resultados satisfatórios.

Segundo levantamento realizado por GALVÃO Jr. (1994), até 1994 as usinas instaladas no País totalizavam 71 (setenta e uma) e destas 12 (doze) encontravam-se desativadas. Elas apresentavam uma série de problemas de ordem gerencial e operacional, causando o descrédito destes sistemas como opção tecnológica para o tratamento dos resíduos sólidos domiciliares. Pode-se citar: má qualidade dos recicláveis e do composto; baixos níveis de produção dos produtos, superados muitas vezes pela produção de rejeitos; receita irrisória obtida com a venda do composto e dos recicláveis, em relação aos elevados custos de manutenção dos equipamentos.

Apenas 0,9% do lixo coletado no Brasil é destinado ao tratamento nas usinas de reciclagem e compostagem. O potencial de recicláveis existentes nos resíduos domiciliares brasileiros está na faixa de 30 a 35% e de matéria orgânica para compostagem na faixa de 52%. Segundo GALVÃO Jr. (1994), as eficiências de produção das usinas de reciclagem e compostagem de grande porte variam nas seguintes faixas: materiais recicláveis: de 1,21 a 6,20%; composto: de 29,41 a 53,79%; rejeito: 44,27 a 64,39%.

O presente trabalho é importante porque estuda-se:

1. o processamento dos resíduos sólidos em duas usinas de reciclagem e compostagem de grande porte, a partir de dados reais de produção;
2. as condições de risco à saúde e à segurança dos trabalhadores de usinas.

Para a realização deste trabalho foram visitadas usinas de reciclagem e compostagem de grande e de pequeno porte, localizadas na região sudeste do Brasil, para a obtenção de informações preliminares sobre os sistemas. Através das informações obtidas, pelo número de operações unitárias, e por estarem todas as etapas do processo funcionando, foram selecionadas duas usinas de grande porte do sistema DANO de compostagem para o estudo de análise do processo.

As respectivas administrações cederam os dados mensais de lixo processado; de produção de recicláveis, de composto e de rejeito e, após as devidas análises, foram obtidos resultados que puderam ser comparados entre as usinas e, também,

com os de GALVÃO Jr. (1994) — provenientes de pesquisa realizada sobre os processos de usinas de reciclagem e compostagem no Brasil.

Foram feitas, também, considerações sobre vantagens, desvantagens e problemas das operações unitárias e, para um dos sistemas, foram obtidos:

a) a correlação dos dados de produção com as paradas do processo;
b) a caracterização de etapas do processo, por meio da caracterização física dos resíduos sólidos a partir de amostras retiradas nas linhas de operação, durante o funcionamento normal do sistema.
c) o cálculo teórico do consumo energético, a partir da correlação entre os dados de potência dos motores dos principais equipamentos utilizados no sistema, das horas de funcionamento do sistema e do valor da tarifa energética do município.

No que tange o estudo das condições de risco à saúde e à segurança dos trabalhadores de usinas de reciclagem e compostagem, foram feitos levantamentos preliminares de tais condições correlacionadas com os setores de trabalho e com algumas das funções desempenhadas pelos trabalhadores. Devido a semelhança dos problemas encontrados, foi analisada também um sistema de pequeno porte.

2 OBJETIVOS

Este trabalho visa, a partir dos estudos em usinas de reciclagem e compostagem, atingir os seguintes objetivos:

- Caracterizar os resíduos sólidos que saem nas linhas de rejeito da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá-RJ.

- Caracterizar os resíduos sólidos que são destinados ao processo de compostagem na usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ.

- Avaliar a eficiência do processo da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá, comparando com a eficiência do processo da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP.

- Estimar o gasto energético do processo da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ.

- Levantar preliminarmente algumas condições de risco à saúde e à segurança dos trabalhadores de usinas de reciclagem e compostagem.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE OS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES

Os resíduos sólidos possuem grandes potenciais de reaproveitamento econômico ou de poluição ambiental, dependendo dos gerenciamentos aos quais são submetidos.

Os resíduos sólidos são definidos como "resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnicas e econômicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível."(ABNT, 1987).

Considerando apenas os resíduos sólidos domiciliares, objeto deste estudo, cuja composição é bastante diversificada devido aos avanços tecnológicos e aos novos materiais produzidos para consumo humano, os gerenciamentos incorretos destes resíduos podem causar danos ambientais e sociais - irreversíveis ou de soluções inviáveis economicamente. Portanto, as buscas de gerenciamentos de resíduos mais eficientes e eficazes são necessárias para preservação ambiental e, conseqüentemente, das espécies animais, inclusive o homem.

No Brasil, segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB) realizada pelo Instituto de Geografia e Estatística (IBGE) em 1989 e editada em 1991, foram publicados os dados apresentados na tabela 1 (NÚMEROS DO IBGE,1993; JARDIM, 1995). As conclusões são as seguintes:

- São produzidas diariamente no país 241.614 toneladas de resíduos sólidos, incluindo os vários tipos de resíduos, bem como os domiciliares, cuja geração é estimada em 90.000 toneladas por dia.
- Ficam a céu aberto 76% de todos esses resíduos, não sendo coletados e permanecendo junto a habitações ou sendo descartados em logradouros públicos, terrenos baldios, encostas e cursos d'água.
- Recebem tratamento adequado 24% do total sendo 13% dispostos em aterro controlado; 10% em aterro sanitário; 0,9% em usina de compostagem; 0,1% em usina de incineração.

TABELA 1 - Tratamento e disposição final do lixo no Brasil.

Tratamento e Destino Final	Percentual
Céu aberto	76%
Aterro controlado	13%
Aterro sanitário	10%
Usina de reciclagem e compostagem	0,9%
Usina de incineração	0,1%
Total	**100%**

Fonte: Adaptação de JARDIM, 1995.

Esses dados ilustram que os municípios brasileiros passam por sérios problemas referentes ao gerenciamento dos resíduos sólidos, que são agravados pela carência de recursos financeiros e de orientação técnica. Em muitos casos, a técnica tem sucumbido ao improviso e a preservação do meio ambiente não tem sido considerada como um fator relevante ao desenvolvimento social.

Os resíduos sólidos domiciliares são constituídos por matéria orgânica (putrescível e não putrescível) e material inorgânico. Estes resíduos, quando dispostos irregularmente no solo, nos corpos hídricos ou incinerado a céu aberto, podem causar danos ambientais.

A despeito da fração orgânica putrescível disposta irregularmente no meio ambiente, pode-se citar os seguintes danos:

1. Quando disposta no solo: durante o processo de degradação microbiológica há produção de gases poluentes atmosféricos - metano (CH_4), amônia (NH_3), dióxido de carbono (CO_2), gás sulfídrico (H_2S). Além disso, o acúmulo destes resíduos pode constituir ambiente ecológico favorável a certos animais que se tornam ou veiculadores ou reservatórios de moléstias entre o lixo e o homem - citando-se ratos, moscas, cães, suínos, aves. Segundo SCHALCH et al. (1990), os seres patogênicos não sobrevivem, de um modo geral, no meio exterior e particularmente no lixo, devido às altas temperaturas decorrentes da decomposição biológica. Eles concluíram que o comprometimento da saúde humana é decorrente, em maior grau, da presença de organismos que vivem ou são atraídos aos "lixões".
2. Quando disposta nos corpos hídricos: os corpos hídricos podem ser poluídos pelos resíduos quando lançados diretamente nos mesmos, ou pelo escoamento do percolado e/ou do chorume dos resíduos dispostos a céu aberto. Durante a degradação da matéria orgânica ocorrerá a liberação de gases e o consumo de oxigênio do meio. Se este consumo for muito alto, o meio pode tornar-se anaeróbio causando a morte de seres presentes nos corpos hídricos.
3. Quando incinerada a céu aberto: a combustão incompleta levará ao lançamento de poluentes na forma de gases e partículas para a atmosfera. (SCHALCH et al.,1990).

A despeito das demais frações, alguns resíduos são poluidores em potencial e causadores de problemas ambientais e à saúde humana. Dentre estes resíduos encontram-se compostos químicos (fertilizantes, adubos, defensivos agrícolas, materiais de limpeza, inseticidas, cosméticos, tintas, remédios, solventes, pigmentos, vernizes, óleos lubrificantes etc.), pilhas, pneus, lâmpadas de descarga de gases (incluem-se aqui as lâmpadas fluorescentes, lâmpadas de vapor de mercúrio, de vapor de sódio, de luz mista), dentre outros (JARDIM (1995); VALLE (1996)).

A composição química destes resíduos é complexa e muitos possuem até metais pesados. Caso estes resíduos sejam dispostos irregularmente no meio ambiente

e/ou tais substâncias entrem de alguma maneira na cadeia alimentar, as ações no organismo humano e no ambiente será comprovadamente danosa.

Segundo VALLE (1996), em alguns países o descarte desses materiais é feito de forma segregada. A destinação de lâmpadas que contêm mercúrio é feita em separado do lixo orgânico e dos materiais tradicionalmente recicláveis, como vidro, papel e plásticos, que já são, naqueles países, segregados pelos próprios consumidores. Na Alemanha, por exemplo, as lâmpadas fluorescentes, pilhas, latas com restos de tintas e solventes, embalagens de aerossóis, baterias de carro, medicamentos com prazos vencidos etc. devem ser levadas a postos de recebimento de "resíduos domésticos problemáticos". Em outros países europeus, como Holanda, Suécia e Suíça, também já existem regulamentos que orientam o consumidor no descarte seletivo das lâmpadas usadas. Nos EUA, essa disposição seletiva é regulamentada em nível estadual - Califórnia e Minnesota foram os pioneiros nessa exigência.

Dentre as repercussões econômicas negativas decorrentes da disposição irregular dos resíduos sólidos domiciliares citam-se (CRUZ, 1978):

- o decréscimo da produtividade humana no trabalho devido a doenças ligadas ao lixo;
- o aumento da mortalidade infantil;
- a deterioração do meio ambiente pela poluição obrigando ao uso de maiores recursos econômicos na solução de problemas graves;
- a proliferação de ratos que, além de transmissores de doenças e destruidores de gêneros alimentícios e utensílios, podem causar incêndios provocados por danos às instalações elétricas;
- um exemplo específico que atingiu o Brasil na década de 70 foi a peste suína africana. A peste surgiu no Brasil devido a poluição por lixo internacional contaminado, que acarretou na dizimação preventiva de parte do rebanho nacional, com prejuízos diretos à nação, para a empresa privada e para os criadores particulares.

Por outro lado, sob o ponto de vista econômico, os resíduos sólidos, domiciliares quando bem gerenciados e trabalhados de forma sanitariamente correta, podem resultar numa fonte de recursos econômicos. Dentre as possíveis opções de uso econômico destes resíduos destacam-se: o aproveitamento de materiais recicláveis como matérias-primas para processos industriais; o uso da matéria orgânica, após cozimento, como ração para animais; o uso da matéria orgânica, após biodigestão, como recondicionador de solos; a elaboração de composto fertilizante; a produção de energia térmica e elétrica por meio dos processos de pirólise, incineração e de degradação da matéria orgânica etc. (LIMA, 1988).

3.1.1 Gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares

O gerenciamento integrado dos resíduos sólidos domiciliares constitui-se na utilização e adequação de várias técnicas — de coleta, de tratamento e de destinação final dos resíduos —, objetivando aumentar a eficiência e a eficácia de cada uma, em comparação com as suas utilizações em separado. Além disso visa, também, aproveitar ao máximo os potenciais dos resíduos sólidos no que tange a sua redução, a sua reutilização, a sua reciclagem industrial e a sua recuperação energética.

As diversas técnicas de tratamento e de destinação final de resíduos utilizadas atualmente possuem características próprias, vantagens e desvantagens que devem ser consideradas na elaboração do projeto e que devem ser associadas principalmente às condições técnicas e financeiras dos municípios, para garantir a boa operação desses sistemas e o bom desenvolvimento do programa de gerenciamento de resíduos a longo prazo. Essas técnicas estão relacionadas aos sistemas de coleta, bem como a programas educacionais feitos para a população usuária destes serviços, pois o manejo prévios dos resíduos influencia sobremaneira nos processos de tratamento adotados após a coleta.

Dentre os benefícios decorrentes de um gerenciamento integrado, pode-se citar: o prolongamento da vida útil dos aterros; a preservação de recursos naturais

advindos da reciclagem industrial; o fechamento do ciclo biológico da matéria orgânica putrescível, devolvendo ao solo componentes importantes através do composto orgânico; a geração de novos mercados de reaproveitamento de resíduos sólidos domiciliares etc.

As figuras 1 e 2 representam dois modelos de gerenciamento: o gerenciamento onde os resíduos coletados são destinados diretamente ao aterro; o gerenciamento onde os resíduos coletados passam por processos de tratamento ou de transformação, reduzindo a quantidade total destinada ao aterro. São considerados para este exemplo: resíduos sólidos domiciliares; resíduos de serviços de saúde (constituído de matéria orgânica putrescível e não putrescível; material contaminado; recicláveis não contaminados); resíduos de origem pública provenientes de varreduras e de remoção de logradouros (constituído de folhas, terra, entulho, papéis e plásticos, dentre outros).

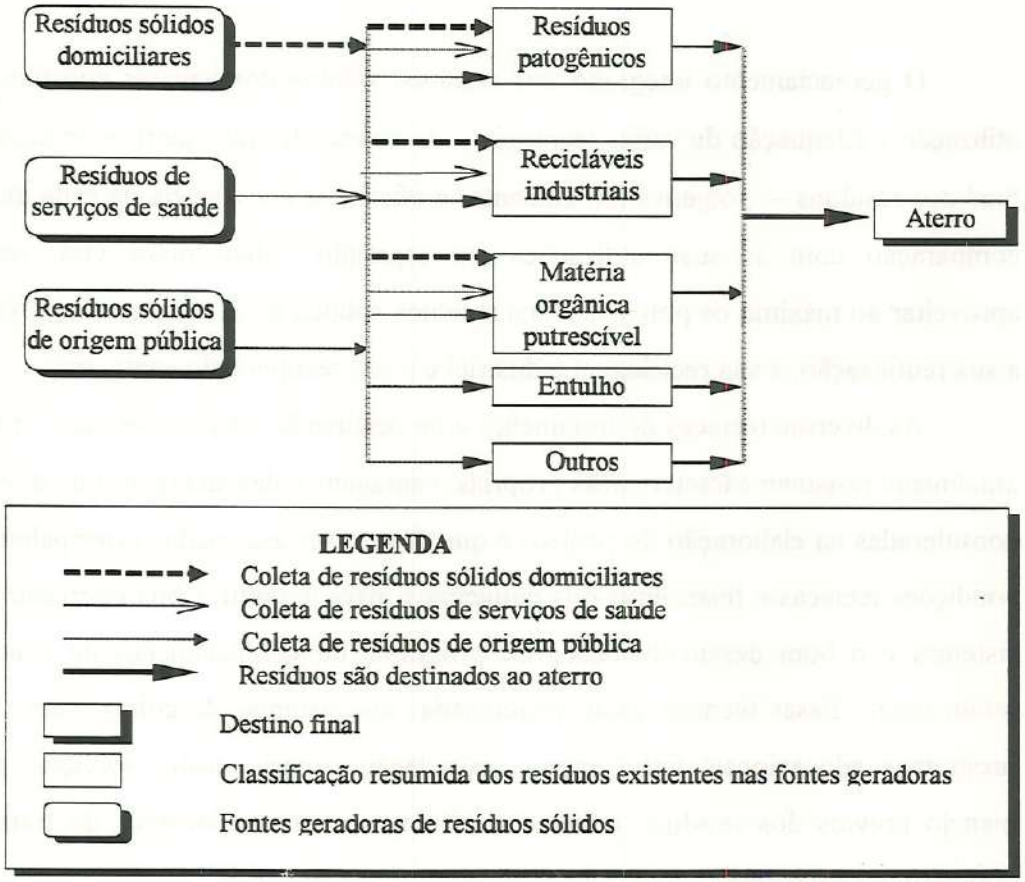


FIGURA 1 - Fluxograma de gerenciamento de resíduos sólidos, considerando apenas o aterro sanitário como tratamento e destino final.

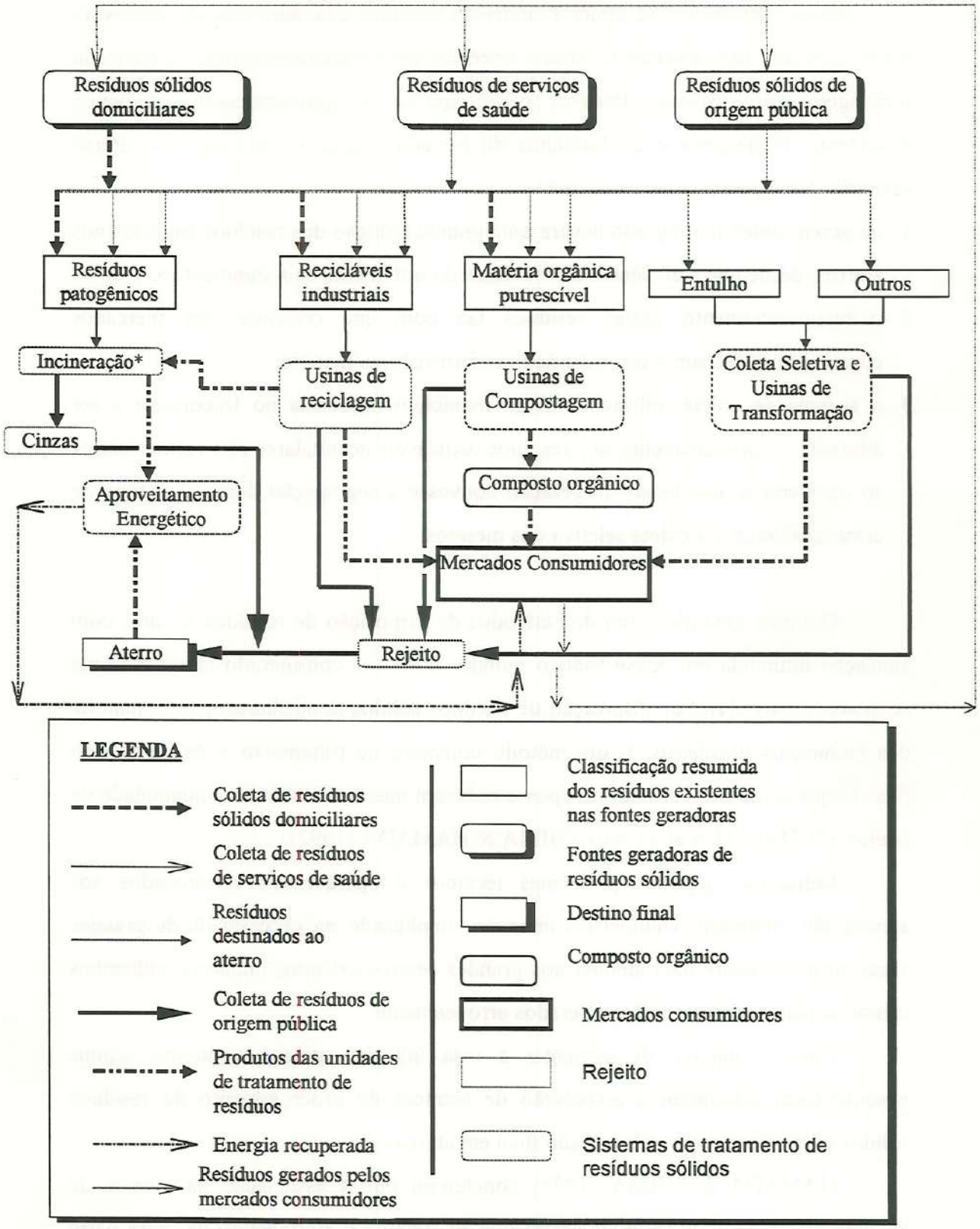


FIGURA 2: Fluxograma de gerenciamento de resíduos sólidos, considerando a utilização de vários sistemas de tratamento de resíduos sólidos

Como conclusão, na figura 1, todos os resíduos coletados são destinados ao aterro sanitário, não havendo processos intermediários visando a redução, o reuso ou reciclagem dos resíduos. Pode-se obter apenas o aproveitamento energético decorrente da decomposição biológica da matéria orgânica putrescível no aterro sanitário. Na figura 2, observa-se que:

1. no gerenciamento integrado haverá uma grande redução dos resíduos lançados nos aterros, desde que a eficiência dos sistemas de tratamento seja significativa;
2. o reaproveitamento destes resíduos faz com que retornem aos mercados consumidores fechando um ciclo de transformação da matéria;
3. o sistema de coleta utilizado em um município influencia no tratamento a ser adotado; o aproveitamento dos resíduos recicláveis hospitalares não contaminados só ocorreria se nos locais de geração houvesse a segregação durante a etapa de armazenamento e a coleta seletiva dos mesmos.

O aterro sanitário é um dos métodos de disposição de resíduos sólidos, com aplicação difundida em quase todo o mundo. Pode ser considerado como a forma econômica mais viável de disposição de resíduos sólidos domiciliares, para a maioria dos municípios brasileiros. É um método completo de tratamento e de destinação final, já que as demais tecnologias apenas reduzem mas não eliminam a quantidade de rejeito. (SCHALCH et al. (1990); OJIMA & HAMADA (1992)).

Entretanto, grandes problemas técnicos e operacionais relacionados aos aterros são: ocupação volumétrica intensiva, implicando na necessidade de grandes áreas, principalmente para atender aos grandes centros urbanos; impactos ambientais causados pelos aterros e lixões operados erroneamente.

Com o objetivo de aumentar a vida útil dos aterros sanitários, alguns pesquisadores estudaram a associação de técnicas de processamento de resíduos sólidos domiciliares com a disposição final em aterros.

HAMADA & OJIMA (1993) concluíram que a associação da técnica de incineração de parte de resíduos destinados ao aterro e o aterramento da outra parte pode aumentar a vida útil de um aterro projetado para receber 100 toneladas de resíduos por dia, de 10 para 25 anos. Parte da matéria orgânica seria utilizada para o

aproveitamento do gás gerado pela degradação biológica, e parte seria incinerada. Além do aumento da vida útil do aterro, o incinerador seria projetado com uma capacidade menor de incineração, já que não incineraria a totalidade dos resíduos

Para a Cidade de Caxias do Sul, OJIMA & HAMADA (1992) verificaram que o aumento da vida útil do aterro local dependeria, considerando as alternativas mais imediatas, da redução do volume de resíduos gerados pela cidade, e da reciclagem de alguns materiais (no caso a matéria orgânica, o papel, o papelão, e os plásticos), além da melhoria da parte operacional do aterro, em relação a melhoria da compactação dos resíduos a serem aterrados.

SCHALCH & REZENDE (1991) sugeriram um aproveitamento dos resíduos sólidos domiciliares para a Cidade de São Carlos, considerando o reaproveitamento da matéria orgânica putrescível para os processos de produção de composto orgânico e de biogás; o reaproveitamento das matérias primas para reciclagem; e o aterro como destino final para os rejeitos. Considerando que a caracterização dos resíduos da Cidade de São Carlos possuía 57% de matéria orgânica putrescível estimou-se um reaproveitamento de 70% destes resíduos na forma de composto e produção de biogás fertilizante e 30% destinados ao aterro. Em relação aos 43% dos demais materiais, haveria a segregação dos materiais recicláveis, e os rejeitos seriam destinados ao aterro.

→ As usinas de reciclagem e compostagem atuariam como redutores da quantidade de resíduos destinados aos aterros, já que um dos seus objetivos é retirar da massa de lixo os materiais aproveitáveis para reciclagem e/ou compostagem. Entretanto, não é isso que tem ocorrido no Brasil, e alguns estudos realizados em usinas demonstram que a eficiência desses sistemas não tem compensado o investimento total destinados a este tipo de processamento de resíduos sólidos domiciliares.

→ Um dos motivos que levam à baixa eficiência do processo é que os resíduos recicláveis chegam aos sistemas muito misturados e mesclados com a matéria orgânica putrescível, dificultando suas segregações manuais. SCHALCH & REZENDE (1991) exemplificam muito bem o que seria a segregação dos resíduos

sólidos domiciliares nas usinas de reciclagem e compostagem se a população usuária resolvesse fazê-la em casa:

> *"...para termos uma idéia aproximada do estado do lixo sem coleta seletiva que vai para uma usina de compostagem, imaginemos a seguinte situação: deixemos o nosso lixo domiciliar num mesmo recipiente durante 3 dias, por exemplo. Amassemos esse lixo para simular o triturador do caminhão de coleta e, só então, despejemos esse lixo misturado e amassado em uma mesa para separação. É muito difícil separar os cacos de vidros, pedacinhos de lâminas de barbear, fios de palhinhas de aço, papel de embrulho, papel higiênico, dos grãos de arroz, cascas, restos de frutas, por exemplo. É muito difícil e desagradável. Muito mais difícil e desagradável ainda se esse lixo de uma residência for multiplicado por milhares, milhões."* SCHALCH & REZENDE (1991, p.44).

As usinas brasileiras, segundo GALVÃO Jr. (1994), até aquela data, vinham apresentando diversos problemas - de operacão, de manutenção e de processamento dos resíduos. O processamento dos resíduos nestes sistemas não apresentavam resultados satisfatórios, os custos de operação e manutenção eram bastante elevados para a realidade dos municípios, dentre outros. Alguns municípios optaram pela desativação de suas usinas - foram encontradas doze usinas paradas ou desativadas cujas principais razões eram a instalação em local inadequado, dívida da prefeitura com o fabricante e problemas políticos.

A seguir, estão relacionadas algumas vantagens e desvantagens dos sistemas de tratamento (incineração, usinas de reciclagem e compostagem e trituração do lixo) e de destinação final de resíduos (aterro sanitário) mais utilizados:

- **Aterro sanitário**

TABELA 2 - Vantagens e desvantagens do aterro sanitário

VANTAGENS	DESVANTAGENS
• exige menores investimentos iniciais para sua construção e manutenção da estrutura técnico-administrativa, quando comparado a outros processos, como incineração, compostagem e pirólise;	• as normas de engenharia sanitária exigem uma constante observância para evitar que a operação do aterro degenere;
• pode-se aproveitar a energia contida nos resíduos sólidos biodegradáveis, por meio da biodigestão anaeróbia com a produção do biogás;	• dificuldade de localização próximo a áreas urbanizadas em função da oposição pública;
• custos operacionais baixos se comparados a sistemas de processamento de resíduos domiciliares;	• requer, geralmente, grandes áreas disponíveis e afastadas dos centros urbanos, o que acarreta o aumento do custo de transporte do lixo a ser vazado
• serve para recuperação de terrenos baixos;	• a operação do aterro pode ser influenciada pelas condições meteorológicas;
• pode receber praticamente qualquer tipo e quantidade de resíduo sólido;	• o líquido percolado (chorume) pode criar problemas de poluição;
• é um método flexível, permitindo adaptações e variações operacionais;	• após a utilização do terreno para o aterro, este não pode ser usado para construção de prédios acima de um pavimento pois ocorre a formação de recalques decorrentes da biodegradação dos resíduos orgânicos putrescíveis.
• quando bem projetado e operado, dificilmente causa danos ao meio ambiente;	
• exige pequena quantidade de mão-de-obra especializada;	
• o terreno pode ser aproveitado para construção de praças e jardins após o término de utilização para o aterro.	

Fontes (adaptações): SCHALCH et al. (1990); OJIMA & HAMADA (1992); COMPANHIA MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA - COMLURB. *Estudo de impacto ambiental - EIA: Usina de reciclagem com compostagem no Caju* (1990)

- **Incineração**

TABELA 3 - Vantagens e desvantagens da incineração.

VANTAGENS	DESVANTAGENS
• aumenta a vida útil dos aterros sanitários, devido à redução do volume de resíduos a ser descartado;	• elevada inversão de capital;
• requer, para sua implantação, menor área do que um aterro sanitário ou uma usina de compostagem;	• custos elevados de operação e manutenção;
• possibilita localização mais próxima à região de coleta, diminuindo custos de transporte;	• necessita de mão-de-obra qualificada para sua operação e manutenção;
• pouco afetada pelas condições meteorológicas;	• requer sofisticados equipamentos para controle de poluição do ar;
• permite recuperação de calor e metais;	• necessita de um local para depositar escórias e cinzas;
• os resíduos da queima são inertes;	• requer a separação prévia de alguns materiais poluentes do ar.
• Em comparação com o aterro sanitário, a incineração minimiza a preocupação a longo prazo com a monitorização do lençol freático, já que o resíduo tóxico é destruído e não "guardado".	
• bem operado, é uma garantia sanitária no tratamento do lixo, pois a incineração destrói bactérias, vírus e compostos orgânicos, como tetracloreto de carbono e óleo ascarel e, até, dioxinas. A dificuldade de destruição não depende da periculosidade do resíduos e sim de sua estabilidade ao calor.	

Fontes (adaptações): SCHALCH et al. (1990); HAMADA & OJIMA (1992); HAMADA & OJIMA (1993); COMPANHIA MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA - COMLURB. *Estudo de impacto ambiental - EIA: Usina de reciclagem com compostagem no Caju* (1990); SÃO PAULO. Secretaria de Serviços e Obras. *Usina de processamento de resíduos sólidos domiciliares do Município de São Paulo* (s.n.t.)

• Usinas de reciclagem e compostagem

TABELA 4 - Vantagens e desvantagens das usinas de reciclagem e compostagem

VANTAGENS	DESVANTAGENS
• recuperação de materiais do lixo com vantagens econômicas;	• o sistema de produção de composto é fortemente afetado pelas condições meteorológicas, em especial nas operações de pátio;
• economia de energia no reaproveitamento dos materiais;	• a existência de mercado é fundamental para a economia do processo;
• boa receptividade pública;	• quando mau operado o processo de cura do composto, gera odores desagradáveis; no processo de compostagem, os rejeitos podem chegar a corresponder a cerca de 50% do lixo original;
• custos menores de investimentos e operação se comparados com a incineração;	• a instalação não poderá receber lixo hospitalar, a não ser que haja garantias de que este tenha sido submetido a um tratamento que o torne perfeitamente inócuo
• o composto é um excelente condicionador de solos, inclusive, prevenindo a erosão;	• as usinas não devem ser construídas próximas aos grandes centros devido aos inconvenientes ambientais ocasionados pelo lixo.
• o composto permite o fornecimento de alguns nutrientes ao solo (N,P e K).	

Fontes (adaptações): COMPANHIA MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA - COMLURB. *Estudo de impacto ambiental - EIA: Usina de reciclagem com compostagem no Caju* (1990); KIEHL, J.E. (1996); PEREIRA NETO,J.T.P. (1993).

• Trituração do lixo

TABELA 5 - Vantagens e desvantagens da trituração do lixo

VANTAGENS	DESVANTAGENS
• reduzir o volume do material a ser transportado para o aterro, diminuindo custos;	• necessidade de manutenção e constante reposição dos martelos do moinho;
• minimizar a necessidade de material de cobertura;	• eventuais enguiços no sistema de alimentação do moinho diminuem a quantidade de material a ser triturado;
• dificulta a catação do lixo nos aterros;	• ruído elevado durante a operação;
• maior capacidade de suporte para o tráfego de veículos;	• possibilidade de explosões no moinho;
• aumenta a vida útil dos aterros.	• quando agregado ao sistema de compostagem do lixo, exige uma eficiente separação anterior de materiais prejudiciais à qualidade do composto;
	• há necessidade de uma separação prévia de alguns materiais que possam danificar o moinho.

Fontes (adaptações): COMPANHIA MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA - COMLURB. *Estudo de impacto ambiental - EIA: Usina de reciclagem com compostagem no Caju* (1990).

3.1.2 Reciclagem dos resíduos sólidos domiciliares

Dentre as técnicas de tratamento de resíduos sólidos domiciliares que consideram os seus potenciais de reaproveitamento existem as usinas de reciclagem e compostagem. São processos que, fundamentalmente, visam a separação dos materiais recicláveis - orgânicos, inorgânicos e orgânicos putrescíveis -, e que possuem potencial de reaproveitamento em processos posteriores. Estes são separados da massa de lixo total processada, e são encaminhados para os processos de reciclagem.

A reciclagem é uma das estratégias de gerenciamento de resíduos sólidos. Constitui-se na recuperação e no retorno de resíduos orgânicos e inorgânicos recicláveis ao início do processo produtivo sob a forma de matérias-primas. NELS[1] apud GALVÃO Jr. (1994) denominou este processo de ciclo fechado da reciclagem e classificou em três formas de reciclagem, a saber:

- Reciclagem Primária: O produto, após uso, retorna ao ciclo para ser utilizado de uma forma secundária, diferente de sua função original. O custo do retorno do reciclável ao ciclo é desprezível. *Exemplo: Reutilização de embalagens plásticas de supermercados no acondicionamento de resíduos sólidos domiciliares.*
- Reciclagem Secundária: O produto retorna ao ciclo após uma operação de beneficiamento que consiste na limpeza de impurezas. O custo do beneficiamento pode ser elevado dependendo do tipo de material. Existem perdas de massa nos materiais. *Exemplo: Reciclagem do vidro e do plástico duro.*
- Reciclagem Terciária: O produto retorna ao ciclo após passar por operações físicas (térmicas) e processos químicos e biológicos. As perdas de massa e o custo de reprocessamento dos materiais são elevados. Em função da complexidade das operações, a reciclagem terciária é considerada uma forma de tratamento. *Exemplo: Compostagem.*

Uma outra forma de se classificar a reciclagem é segundo a nobreza do produto formado, ou seja, se o material recuperado substitui um material virgem na

[1] NELS, CRISTIAN. Waste minimization. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE GESTÃO E TECNOLOGIAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS, 1, doc. 3, São Paulo, 1991, 28p.

produção, fechando o círculo produtivo; quanto mais nobre o produto formado mais valorosa é a reciclagem (COELHO (1994).

→ No Brasil, a composição dos resíduos sólidos é variável nos municípios conforme as caracterizações feitas em diversas partes do País e apresentadas na tabela 6. JARDIM (1995) e PEREIRA NETO[2] apud GALVÃO Jr. (1994) indicaram uma composição média do lixo domiciliar brasileiro, apresentado na tabela 7, e que pode ser comparada com alguns países.

Segundo estes dados e considerando apenas a reciclagem industrial, o Brasil apresenta um potencial médio de 35% e 31,3% em 1995 e 1994, respectivamente, o que representa 28.170 a 31.500 toneladas por dia, segundo uma produção de 90.000t de resíduos domiciliares por dia.

→ Entretanto, nem todos os resíduos são recicláveis ou possuem potencial para reciclagem depois do serviço de coleta, principalmente quando se usa sistemas de compactação ou de trituração, pois os recicláveis ficam amassados, triturados e misturados, tornando-se altamente impuros para os posteriores processos de reciclagem.

→ A presença de impurezas fazem requerer uma etapa de limpeza dos resíduos previamente aos processos de reciclagem. Sob este enfoque, a coleta seletiva na fonte geradora produziria recicláveis com melhores qualidades para o aproveitamento industrial.

No Brasil a coleta seletiva tem sido feita por meio de:

- catadores ambulantes, também conhecida por coleta informal, e localizam-se nas cidades e nos lixões;
- projetos piloto de coleta seletiva implantados em municípios como Curitiba (PR), São Paulo (SP), Niterói (RJ), Rio de Janeiro (RJ), Santos (SP);
- cooperativas de catadores: pequenos grupos organizam-se em forma de cooperativa. Esses grupos administram e vendem os recicláveis e o dinheiro arrecadado é utilizado, em geral, em benefício do grupo e da cooperativa.

[2] PEREIRA NETO, J.T., Compostagem de resíduos sólidos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 1, 1991, Campinas: UNICAMP, 8p.

TABELA 6 - Caracterização dos resíduos sólidos domiciliares de algumas cidades brasileiras

Estado	Cidades	Ano	COMPONENTES (% BASE ÚMIDA)						
			Matéria orgânica putrescível	Papel e Papelão	Plásticos	Metais	Vidro	Outros [vii]	Total(%)
AM	Manaus[ii]	1990	58,69	18,94	8,62	4,31	2,18	7,26	100
	Manaus[i]	1979	51,10	29,00	2,80	6,80	4,70	5,60	100
BA	Salvador [iv]	1995	****	19,00	11,00	4,00	4,00	62,00	100
	Salvador [i]	1972	63,50	15,50	****	5,50	4,40	11,10	100
CE	Fortaleza[iv]	1995	****	22,59	8,20	7,34	3,32	58,55	100
DF	Brasília[iv]	1995	****	26,17	2,37	3,20	2,83	65,43	100
MG	Belo Horizonte [iv]	1995	****	16,77	1,90	3,22	2,07	76,04	100
	Belo Horizonte[v]	1991	54,06	18,50	5,90	3,30	3,15	15,09	100
	Belo Horizonte[i]	1971	69,90	16,80	1,90	3,30	2,50	5,60	100
	Viçosa[v]	1991	81,10	8,30	4,28	2,16	1,91	2,25	100
PE	Recife[iv]	1995	****	3,50	****	1,70	0,70	94,10	100
RJ	Rio de Janeiro [iv]	1995	****	27,00	13,00	3,00	2,00	55,00	100
	Rio de Janeiro [iii]	1991	35,70	27,11	12,71	3,24	2,19	19,05	100
		1989	25,75	31,54	12,55	3,50	2,83	23,83	100
		1986	26,55	38,54	9,63	3,63	2,84	18,81	100
		1981	27,45	41,72	6,56	3,88	3,70	16,69	100
RS	Bento Gonçalves[vi]	1994	72,90	5,10	5,20	2,70	3,40	10,70	100
	Caxias do Sul[vi]	1991	53,40	21,00	8,90	5,40	2,60	8,70	100
	Porto Alegre [iv]	1995	****	24,92	3,12	2,65	1,68	67,63	100
	Porto Alegre[vi]	1981	72,54	14,00	0,80	5,06	2,25	5,35	100

TABELA 6 - Caracterização dos resíduos sólidos domiciliares de algumas cidades brasileiras (continuação)

Estado	Cidades	Ano	COMPONENTES (% BASE ÚMIDA)						
			Matéria orgânica putrescível	Papel e Papelão	Plásticos	Metais	Vidro	Outros [vii]	Total(%)
SP	Campinas[i]	1985	72,30	19,00	3,60	2,20	0,80	2,10	100
	Guaratinguetá[iv]	1995	****	33,38	5,24	0,88	****	60,50	100
	Rio Claro[i]	1985	62,80	15,20	5,50	3,50	2,10	10,90	100
	São Carlos[i]	1988	56,70	21,30	8,50	5,40	1,40	7,00	100
	São Paulo[iv]	1995	****	14,43	12,08	3,24	1,10	69,15	100
		1979	38,30	29,60	9,00	5,50	14,6[*]	3,00	100
		1976	52,50	28,40	5,60	4,90	3,10	5,50	100
	São Paulo[vi]	1971	51,10	24,10	2,60	6,90	3,90	11,40	100
		1969	52,20	29,20	1,90	7,80	2,60	6,30	100
		1957	76,00	16,70	****	2,20	1,40	3,70	100
		1927	82,70	13,40	****	1,70	0,90	1,50	100

Fontes: [i] GOMES, L.P.; POVINELLI, J. (1991) - adaptação; [ii] ANDRADE, J.B. L. (1992) - adaptação; [iii]COMPANHIA MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA, *Análise qualitativa e quantitativa do lixo da cidade do Rio de Janeiro (1991) - adaptação;* [iv] JARDIM, N.S. (1995) - adaptação; [v] MERCEDES, S.S.P; PEREIRA NETO, J.T.P. (1993, p.150-166); [vi] SCHNEIDER, V.E. (1994) - adaptação;

Observações: [vii] Este componente para a referência (iv) é constituído da fração Matéria Orgânica. Para os demais itens engloba tecido, couro, borracha, madeira, cerâmica, pedra etc.; [*] vidro, terra e pedras.

TABELA 7 - Comparação das estimativas das composições médias do lixo domiciliar brasileiro e de outros países.

Locais	Ano	COMPONENTES (% BASE ÚMIDA)						
		Matéria orgânica putrescível	Papel e papelão	Plásticos	Metais	Vidro	Outros (vi)	Total
Alemanha(ii)	1995	****	18,80	5,80	3,80	10,40	61,20	100,00
Brasil(ii)	1995	****	25,00	3,00	4,00	3,00	65,00	100,00
Brasil(iii)	1994	52,50	24,50	2,90	2,30	1,60	16,20	100,00
E.U.A(i)	1990	27,00	41,00	7,00	9,00	8,00	8,00	100,00
E.U.A(ii)	1995	****	41,00	6,50	8,70	8,20	35,60	100,00
Europa Ocidental (i)	1990	30,0	25,00	7,00	8,00	10,00	20,00	100,00
Holanda(ii)	1995	****	22,5	6,00	6,7	14,5	50,3	100,00
Itália(i)	1974	30,00	35,00	3,50	6,19	8,50	17,50	100,69
Malásia(ii)	1995	****	23,73	11,22	4,22	3,18	57,65	100,00
Turquia(ii)	1995	****	11,00	4,30	1,70	1,70	81,30	100,00

Fontes:(i) SCHNEIDER (1994)-adaptação; (ii) JARDIM (1995) - adaptação; (iii) PEREIRA NETO[3] apud GALVÃO JR. (1994).

→ Segundo GALVÃO JR.(1994), a expansão dos programas de reciclagem no país esbarra em aspectos institucionais e tecnológicos, entre os quais:

- inexistência de uma padronização obrigatória dos materiais industrializados, dificultando a sincronização dos setores envolvidos na reciclagem;
- o tipo de coleta domiciliar predominante no país, onde as frações inorgânica e orgânica são misturadas nas fontes geradoras, acarreta a diminuição da qualidade dos materiais recicláveis, tornando-os algumas vezes, materiais impróprios para a reciclagem.
- a marginalidade econômica do setor de reciclagem dificulta a ação de políticas favoráveis ao seu desenvolvimento.

→ Os benefícios advindos da reciclagem dependem do processo e do produto a ser reciclado. Pode-se relacionar algumas das vantagens provenientes da reciclagem:

- Preservação dos recursos naturais (fontes de matérias-primas) e redução de custos na reindustrialização de novos materiais a partir dos recicláveis. As tabelas 8, 9, e 10 exemplificam este item.

[3] PEREIRA NETO, J.T., Compostagem de resíduos sólidos. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RESÍDUOS SÓLIDOS, 1, 1991, Campinas: UNICAMP, 8p.

A tabela 8 apresenta os dados energéticos dos processos de produção com a utilização da matéria-prima primária (processo primário), e dos processos de produção a partir da reciclagem dos materiais (processo secundário).

TABELA 8 - Recuperação energética obtida com a reciclagem - alguns produtos

Produto reciclável	Energia necessária no processo primário (kcal/kg)	Energia necessária no processo secundário (kcal/kg)	Economia específica (kcal/kg)	Redução energética (%)
Metais ferrosos	10300	5100	5200	50
Cobre	6600	1100	5500	83
Alumínio	4700	1400	45000	70
Vidro	3100	1400	1700	55
Papel	3700	1100	2600	70
Polietileno	4500	500	4000	89

Fonte: MANDELLI et al.. Ministério Dell'Indústria, Comércio ed artigianato, Roma 1974. In Magagni - adaptação

Observa-se que a redução energética está na faixa entre 50% a 89%, correspondendo a metais ferrosos e polietileno, respectivamente. A redução energética no processamento do vidro está na faixa de 55%; do papel, na faixa de 70%; do polietileno, na faixa de 89%.

Entre os metais, a redução energética devido a reciclagem está na faixa de 80 a 97%, como pode ser observado na Tabela 9.

TABELA 9 - Energia empregada para a produção de uma tonelada de metal (kWh/t) e redução percentual de consumo

M.P. virgem — mat.

Metal	Primário	Secundário	Redução Energética (%)
Alumínio	17600	750	95
Cobre	2426	310	87
Zinco	4000	300	92
Estanho	2377	350	85
Chumbo	3954	450	88
Níquel	23000	600	97
Magnésio	18000	1830	90

Fonte: MANDELLI et al. . Consider - Abranfe, 1983. Revista Projeto Reciclagem n°4

A Tabela 10 apresenta benefícios ambientais como uso de energia, poluição do ar, poluição da água, restos na mineração e o uso de água para o alumínio, aço, papel e vidro.

TABELA 10 - Benefícios ambientais derivados da substituição de recursos virgens por materiais secundários

Benefício Ambiental	**Redução (%)**			
	Alumínio	**Aço**	**Papel**[(i)]	**Vidro**
Uso de energia	90 - 97	47 - 74	23 - 74	4 - 32
Poluição do ar	95	85	74	20
Poluição da água	97	76	35	
Restos na mineração	****	97	****	80
Uso de água	****	40	58	50

Obs.: Fonte - Manual Global de Ecologia, p.269, 1994; (i) segundo KIEHL (1996), a reciclagem de papel poupa a derrubada de 16 a 20 árvores adultas por tonelada de papel produzida.

- Geração de empregos e criação de micro, pequenas e médias empresas (GALVÃO JR, 1994). No Brasil, segundo dados da ABAL[4] - Associação Brasileira do Alumínio, da produção de 50 mil toneladas de latas de alumínio produzidas no País em 1995, foram recicladas 31 mil toneladas, o equivalente a 63% da produção. Após cinco anos na atividade, o Brasil ultrapassa a reciclagem americana, que fechou no mesmo período com 62%. Os dados da ABAL indicam que a reciclagem rendeu ao Brasil US$ 35 milhões, isto sem contar com o mercado paralelo de máquinas e equipamentos, que apresentam perspectivas com fabricação de prensas, separadores magnéticos, amassadores manuais, contêineres, entre outras. A reciclagem do alumínio no Brasil cresceu de 37% em 1991 para 63% em 1995. Comparativamente, a Europa reciclou 21% em 1991 e 28% em 1995. Os E.U.A. apresentou em 1991 62% e manteve o mesmo índice em 1995. O Japão em 1991 reciclou 43% e 66% em 1995.

[4] RECICLAGEM de alumínio: Seminário internacional em São Paulo. Revista **Saneamento Ambiental**. São Paulo, n.40, p.9, 1996

O mercado[5] de reciclagem movimenta U$$ 6 (seis) bilhões de dólares ao ano nos EUA. O mercado se torna ainda mais promissor se for considerado o crescimento que a reciclagem vem obtendo na comunidade norte-americana, com mais fabricantes investindo em usinas processadoras de materiais recicláveis. Com base neste mercado, a bolsa de valores de Chicago iniciou operações com o lixo reciclável.

Segundo a Associação Brasileira dos Recicladores de Materiais Plásticos (ABREMPLAST)[6,7] , a indústria de reciclagem de plásticos vem crescendo quase 15%a.a., desde 1993. Calcula-se que o número de instalações industriais para reciclagem do plástico chegue, no país, a 800. No Brasil, cerca de 50% das indústrias recicladoras de plástico estão no eixo Rio - São Paulo. O setor processou 230 mil toneladas de granulado plástico no ano de 1994 (com capacidade para processar 450 mil toneladas), ao preço médio de R$ 700/t, resultando num faturamento da ordem de R$ 161 milhões.

- Aumento da vida útil dos aterros sanitários pois estes deixam de receber os resíduos recicláveis; (GALVÃO JR, 1994; OJIMA & HAMADA,1992).
- A recuperação energética é uma das alternativas de aproveitamento dos resíduos sólidos domiciliares para produção de energia. Além da diminuição da quantidade de resíduos depositados nos aterros sanitários é uma grande fonte de energia térmica ou elétrica. Os plásticos, por serem derivados do petróleo, possuem um alto poder calorífico sendo o principal responsável pelo potencial energético destes resíduos. Países da Europa Ocidental e Japão têm registrado alto índice de crescimento da técnica de incineração para o tratamento do lixo. No início da década de 90, a Alemanha destinava cerca de 35% de todo o seu lixo para a recuperação energética. O Japão utiliza esse sistema em 62% de seu lixo. Este processo tem alto custo de instalação e de operação e, se não for bem monitorado, pode emitir para a atmosfera uma grande quantidade de gases poluentes para o meio ambiente. (HAMADA & OJIMA (1993); RECICLAGEM energética:

[5] FINANÇAS: lixo reciclável é negociado na bolsa de Chicago. *Revista Saneamento Ambiental*, n.37, São Paulo, 1996.

[6] PLÁSTICOS: crescimento da indústria de reciclagem. *Revista Saneamento Ambiental*. São Paulo, n.32, p.10, abril/maio, 1995.

[7] A REVOLUÇÃO do pet: seminário promovido pelo Cempre e IPT debate os novos rumos da reciclagem do plástico. *Publicação Cempre Informa*, São Paulo, n.21, 1995.

alternativa para tratar o lixo (1996); RECICLAGEM: vida longa para os plásticos (1992)). Uma outra forma de recuperação energética ocorre pelo aproveitamento do biogás produzido durante a decomposição dos resíduos orgânicos putrescíveis nos aterros sanitários. O biogás é composto por vários gases, tendo o gás metano (CH_4) em maior quantidade percentual. O gás metano possui alta capacidade de liberação de energia durante a queima e não é poluente. Um exemplo de utilização é o abastecimento de veículos automotivos.(RIO DE JANEIRO, 1992).

3.2 AS USINAS DE RECICLAGEM E COMPOSTAGEM COMO SISTEMAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES

As usinas de reciclagem e compostagem podem ser definidas como centros de triagem - das frações inorgânica e orgânica recicláveis - e de compostagem - da fração orgânica putrescível -, presentes no resíduos sólidos domiciliares.

No Brasil, visa-se separar e recuperar a partir do lixo urbano materiais para a reciclagem industrial - como o vidro, os plásticos, o papel, o papelão, os metais ferrosos e não ferrosos -, que tenham valor de mercado que justifique o seu reaproveitamento. Visa-se, também, transformar a matéria orgânica putrescível, através de processos biológicos, em composto orgânico. O composto orgânico constitui num condicionador do solo, pelo fato de sua matéria orgânica humificada estar em maior proporção, correspondendo a cerca de 40 a 70% (SCHALCH & REZENDE, 1991).

As usinas correspondem a um processo de tratamento e este deve ser considerado como uma etapa intermediária no manejo e tratamento dos resíduos sólidos domiciliares, pois gera produtos e subprodutos que necessitam de uma destinação posterior (GALVÃO Jr., 1994). As funções básicas destes sistemas são reduzir a quantidade de resíduos que é enviada para os aterros sanitários e, ao mesmo

tempo, preservar os recursos naturais através da reciclagem de materiais (GALVÃO Jr. ,1994; LIMA, L.M.Q., 1988).

Segundo o levantamento feito por GALVÃO Jr. (1994), existiam no Brasil, até então, cerca de 71 (setenta e uma) usinas de reciclagem e compostagem, de 10 (dez) sistemas diferentes, a saber: DANO, TRIGA, Sanecom, Maqbrit, Yok, Simplificado ou Próprio, CETESB, Beccari, Stollmeier, Fairfield. Elas estavam concentradas principalmente nas regiões sudeste (40) e sul (25), nos estados de São Paulo (21), Rio de Janeiro (11), Minas Gerais (07), Espírito Santo (01), Rio Grande do Sul (13), Paraná (08) e Santa Catarina (04).

As diferenças entre os sistemas de usinas correspondem ao grau de mecanização existente na etapa de triagem, na disposição dos equipamentos, no processo de compostagem (natural ou acelerada), na capacidade de processamento, no total de mão-de-obra utilizada, dentre outras.

Baseado nas características técnicas, alguns autores classificam as usinas em função da capacidade de processamento - por exemplo, são chamadas de 'usinas de grande porte' as usinas com capacidade de processamento de até 1.200,0 t/dia, que em geral utilizam bioestabilizadores e higienizadores no processo de compostagem (são as usinas de tecnologia DANO e TRIGA); são chamadas de 'usinas de pequeno porte' aquelas que processam até 150,0 t/dia de lixo e utilizam o método natural para compostagem (são as usinas de tecnologia Sanecom, Yok, Stollmeier, Simplificado ou Próprio, Fairfield, CETESB, Maqbrit, Beccari) (GALVÃO Jr.,1994).

Uma outra classificação considera as instalações de reciclagem e o tipo de compostagem utilizada. Neste caso, seriam chamadas de 'usinas simplificadas' aquelas que possuem instalações de reciclagem simplificadas e utilizam apenas a compostagem natural, e 'usinas sofisticadas' aquelas que possuem instalações de reciclagem sofisticadas e utilizam sistemas de compostagem acelerada (LOBATO, 1993).

Mais adiante será abordada a compostagem natural e acelerada.

3.2.1. Implantação das usinas no Brasil

na década de 60 foram instaladas as primeiras usinas no Brasil em Brasília, Uberaba e Roraima.

A partir de 1986/1987 houve uma aceleração da implantação de sistemas de usinas no Brasil, devido ao Programa de Financiamento e Usinas de Reciclagem e Compostagem de Lixo Urbano do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social — BNDES, através do FINSOCIAL. Este programa surgiu como uma busca para solucionar os problemas existentes nos depósitos de lixo urbano que possuíam catadores que tiravam do lixo o seu sustento (PROCHNIK, 1988).

Outro programa destinado ao desenvolvimento desse setor foi o Fundo de Ação Social - FAS — da Caixa Econômica Federal, e que foi responsável pelo financiamento das usinas de compostagem acelerada de Brasília e de Uberaba.

O programa do BNDES financiou usinas de tecnologia simplificada, cujo custo de implantação era compatível com a realidade financeira dos municípios. O financiamento alcançou até 80% dos investimentos totais, à exceção do terreno. Foram estabelecidos taxa de juros de 7% a.a. e prazo para pagamento em 8 (oito) anos com carência de 1 (um) ano. Inicialmente o programa financiava apenas municípios com mais de 100 mil habitantes (população urbana) (PROCHNIK, 1988).

Os custos de implantação e de operação são variáveis e dependentes do grau de mecanização e da capacidade de processamento. Aceita-se como nível de custo operacional para uma usina de capacidade de 500 t/dia um custo projetado de US$ 19,56/t podendo chegar até US$ 80,00/t. Os investimentos para a implantação de usinas simplificadas situam-se entre US$ 18.000,00 e US$ 150.000,00 dependendo das tecnologias empregadas. Já as Usinas de Reciclagem com Compostagem acelerada chegam a US$ 2 milhões (BLEY Jr., 1991).

Em julho de 1989, o Governo Federal, através da Resolução/Portaria 1469 do Banco Central do Brasil, impediu o acesso dos municípios a créditos para investimentos, o que levou à desaceleração da progressão de adoção destes equipamentos pela falta de crédito aos municípios.

Segundo BLEY Jr. (1991), pela via do crédito foram contratadas, praticamente, todas as usinas simplificadas e grande número das usinas de compostagem acelerada instaladas até a referida data. Várias distorções ligadas ao processo de crédito e construção das usinas foram relacionadas:

- venda de usinas como "pacotes fechados" para os municípios, os quais se depararavam com a quase inviabilidade operacional, na medida em que, no pacote vendido, não havia sido contemplado o componente de capacitação institucional do município para a condução das operações;
- A falta de previsão de espaço para aterro na maior parte das usinas construídas visando a destinação final dos rejeitos do processo, pois foi desenvolvida a falsa idéia de que as usinas solucionariam os problemas dos resíduos sólidos domiciliares, fazendo com que estes "desaparecessem", não havendo necessidade de aterro sanitário;
- utilização do argumento de que as usinas ofereceriam ilimitadas oportunidades de trabalho, o que determinou a adoção de equipamentos que por sua concepção de engenharia constituem-se em tecnologias exigentes de grandes contingentes de mão-de-obra. Surgiram os "jiraus de catação" que determinam a necessidade de equipes para separar na esteira de catação, para movimentar materiais e para classificar os materiais, após a separação, em conjunto, os quais são jogados ao nível do chão através dos chutes de descarga.
- Proposição de lucros para as instituições que operariam as usinas. Entretanto, o que tem sido demonstrado é que as vendas de materiais separados e classificados, sozinhas, não cobrem as despesas operacionais de uma usina, quanto mais seus custos financeiros e de investimentos.
- A construção de uma única usina seria capaz de tratar os resíduos sólidos domiciliares de uma cidade e serviria melhor ao município do que a construção de várias usinas simplificadas e de menos capacidade de processamento.
- Subdimensionamento de usinas, construídas com a capacidade nominal dos equipamentos, projetadas sem cálculo preciso, por parte da Administração Pública, da geração atual de lixo e de suas progressões futuras, o que levou à instalação de

equipamentos capazes de receber o lixo gerado por populações muitas vezes maiores do que as aceitas em progressões populacionais locais.

- Superdimensionamento de usinas, construídas a partir de parâmetros de geração de lixo de 600 a 800 gramas por habitante/dia, contra o índice de geração de lixo domiciliar *per capita*, cujos parâmetros são variáveis de região para região e, embora discutíveis, não ultrapassam 200 gramas por habitante / dia.

BLEY JR. (1991) considerou, também, alguns aspectos de ordem institucional que criaram dificuldades para sustentação financeira das usinas brasileiras:

- O lixo, mesmo depois de processado nas usinas, é considerado pelos Tribunais de Contas propriedade pública, podendo ser comercializado apenas através de processo licitatório. Tal mecanismo de comercialização, como é realizado atualmente, facilita a venda dos produtos das usinas a preços abaixo do mercado;
- O decreto 86.955/92 e a Portaria 01 de 04 de março de 1983 do Ministério da Agricultura estabelecem que o composto produzido nas usinas deve apresentar características químicas semelhantes aos fertilizantes produzidos industrialmente. Isto cria dificuldades para a comercialização do composto das usinas.

Segundo FONTAINHA[8] (1994) o programa de implantação de usinas no País foi interrompido por força de uma resolução do governo federal que impediu o BNDES de liberar empréstimos para o setor público. Em 1990, o BNDES reformulou suas políticas operacionais e passou a financiar não mais usinas isoladas, mas projetos integrados de gerenciamento de lixo urbano os quais incluíssem a usina de compostagem e os aterros, exigidos como requisito. Além disso, o banco passou a financiar projetos somente se a iniciativa privada participar no mínimo com 75% do investimento.

Até 1994, nenhuma usina de compostagem estava registrada no Ministério da Agricultura e o composto produzido não se enquadrava na legislação (AMAZONAS[9] apud GALVÃO Jr., 1994). Sob o ponto de vista legal, o composto não pode ser vendido a menos que se enquadre nas especificações do Ministério da Agricultura.

---

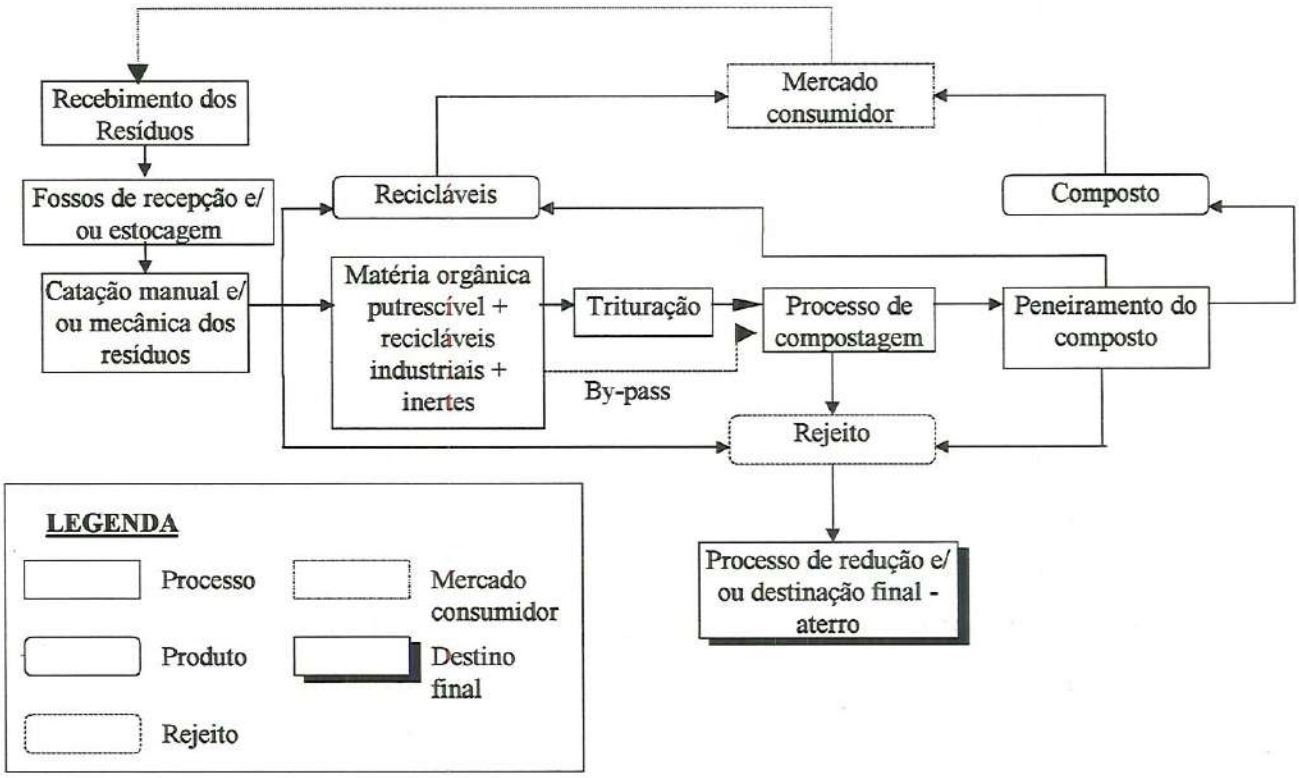
[8] NOVOS RUMOS DO BNDES. Publicação Cempre Informa, n.18, São Paulo, 1994.

[9] AMAZONAS, M. Compostagem do lixo urbano, projeto reciclagem Revista: São Paulo, v.2, 1990, p20-3.

Com relação aos aspectos ambientais, a Resolução CONAMA nº 005/88 estabelece a obrigatoriedade do EIA-RIMA para os sistemas de limpeza urbana, como obras de unidades de transferência, tratamento e disposição final de resíduos sólidos de origem doméstica, pública e industrial.

3.2.2. Descrição geral do processo das usinas de reciclagem e compostagem

Em geral, as etapas do processamento dos resíduos sólidos domiciliares nas usinas de reciclagem e compostagem brasileiras podem ser representadas segundo a figura 3.



OBS.: a etapa de trituração foi abolida ou *by-passed* em muitos processos .

FIGURA 3 - Fluxograma resumido dos processos das usinas de reciclagem e compostagem brasileiras.

Os produtos finais do processo das usinas de reciclagem e compostagem são recicláveis e composto orgânico. A obtenção dos recicláveis decorre das etapas de

segregação ao longo do processo. A obtenção do composto orgânico ocorre após o processamento microbiológico dos resíduos putrescíveis.

Resumido, o processo pode ser descrito em cinco etapas, a saber:

1. **Primeira etapa:** ***Recebimento e Estocagem dos Resíduos Sólidos***. Em geral os resíduos são pesados e estocados em pátios ou em áreas de recebimento, onde ficam dispostos em forma de pilhas de estocagem, ou em dispositivos especiais como fossos, moegas ou tremonhas. Estes são dimensionados em função da capacidade nominal, prevendo-se, em geral, uma reserva mínima de 3 dias de estocagem (LIMA, 1988). Os fossos e as moegas são providos de esteiras transportadoras, posicionadas nas suas bases inferiores, que servem para introduzir os resíduos no sistema. As esteiras transportadoras podem ser construídas com barras de ferro articuladas, com mantas de borracha ou de PVC.
2. **Segunda Etapa:** ***Catação manual e/ou mecânica dos resíduos.*** A catação dos resíduos consiste na separação dos materiais recicláveis por categoria, podendo ser feita manual e/ou mecanicamente. A catação manual é feita em esteiras transportadoras onde os catadores retiram manualmente os resíduos de maior interesse econômico. A catação mecânica, feita por equipamentos especiais (eletroímã, peneiras rotativas e vibratórias, ciclones etc.), é mais eficiente e resulta em maior produção de reciclados, porém envolve custos elevados na aquisição e manutenção dos equipamentos. Algumas usinas utilizam ambos os processos de separação nas esteiras.
3. **Terceira Etapa:** ***Trituração.*** A operação de redução do tamanho das partículas no processo de usinas está relacionada ao processo de compostagem dos resíduos orgânicos putrescíveis, pois, quanto menor o tamanho das partículas, maior a área superficial para atuação dos microrganismos.

   Nos processos simplificados a redução do tamanho das partículas ocorre pela ação dos moinhos — em geral os moinhos de martelo LIMA, L.M.Q. (1988). Nos processos de grande porte, como o processo DANO de Compostagem, a redução do tamanho das partículas ocorre nos bioestabilizadores, como uma resultante do movimento dos resíduos no seu interior associado ao início do processo de fermentação dos mesmos.

4. **Quarta Etapa:** ***Processo de compostagem.*** Os resíduos orgânicos são dispostos em leiras, montes ou equipamentos específicos onde ocorre a fermentação bioquímica, visando a produção do composto. Nas unidades que se utilizam de equipamentos biodigestores (processo DANO) ou higienizadores (processo TRIGA), o processamento dos resíduos orgânicos putrescíveis é iniciado nesses equipamentos e finalizados nas leiras de fermentação. No processo DANO não é necessário o uso de moinhos para redução da granulometria da matéria orgânica, pois os biodigestores reduzem a granulometria normalmente. O período total do processo é de 60 a 90 dias.
5. **Quinta Etapa:** ***Peneiramento do composto.*** Finalizado o processo de compostagem, o produto final é peneirado, visando separar agregados inorgânicos que porventura tenham passado pelos processos anteriores de triagem (cacos de vidro, plástico, objetos metálicos de dimensões pequenas etc.). O composto é então liberado para venda.

Os principais problemas operacionais encontrados nas usinas e relatados por diversos autores são:

- Alta incidência de corrosão nos equipamentos; corrosão e quebra dos rolamentos da esteira de catação; corte e rompimento da esteira; sobrecarga no fosso de recepção e estocagem e corrosão nos equipamentos de transporte do lixo no ponto de alimentação do sistema (GALVÃO Jr., 1994);
- Os moinhos, apesar de serem apropriados para a trituração de lixo, são dispendiosos, pois a cada 2.000 horas de trabalho se faz necessário trocar os martelos. Os moinhos de bola são mais baratos, porém têm pouca eficiência, o que os torna inadequados para grandes e médios empreendimentos. Para pequenos e microssistemas, os moinhos de bola são uma solução viável (LIMA, L.M.Q, 1988). Em geral, os materiais duros (latas metálicas, pedras, etc.), as partículas grosseiras e o movimento rápido provocam o desgaste dos moinhos. É possível preveni-lo mediante o emprego de materiais mais duros que os moídos, nas regiões de maior ataque. A atritagem entre as próprias partículas é fator que ajuda materialmente. Quando os movimentos do moinho são lentos, os materiais resilientes — como a

borracha — resistem ao desgaste provocado por partículas duras. Com os materiais mais duros, a adoção de técnicas de endurecimento superficial, por meio de soldas ou revestimentos, contribui significativamente para melhor manutenção e menor tempo de parada. .Em algumas instalações os moinhos foram retirados do processo ou então *by-passed*;

- O comprimento reduzido e a alta velocidade da esteira de catação são, em geral, inadequados ao serviço. CAVAGUTI et. al. (1995), encontraram usinas operando com velocidade acima de 10m/min. Eles sugeriram uma velocidade cinco vezes menor. REZENDE (1993a) sugeriu que o comprimento ideal das esteiras de catação da Usina DANO localizada em Belo Horizonte fosse de 15 a 20 metros, e não de 6m como encontrado;
- A agregação da matéria orgânica aos materiais metálicos dificulta a separação através dos separadores magnéticos;
- O papel selecionado é extremamente sujo e úmido, não havendo possibilidade de colocação no mercado; o papelão, com os mesmos problemas, pode chegar a apresentar qualidade razoável com aceitação no mercado (REZENDE (1993a); MONTEIRO & LEITE, (1979));
- O plástico filme é de difícil separação e limpeza devido à grande quantidade de matéria orgânica agregada, prejudicando na sua comercialização; o plástico duro é de fácil triagem e possui melhor aceitação no mercado de recicláveis (MONTEIRO & LEITE, (1979));[10]
- O vidro, quando presente na forma de caco, é dificilmente separado durante a etapa de catação (REZENDE (1993a));
- O trapo e pedaços de tecido umedecidos são de fácil visualização porém de difícil extração. Devido à grande quantidade de matéria orgânica agregada, ele não

[10] Segundo Schwarz, 1996, a eliminação de contaminantes é fundamental para a produtividade do processo e qualidade do produto final; pode-se utilizar mistura de plásticos, desde que seja caracterizada - neste caso, a segregação prévia é sempre oportuna e recomendada. O plástico filme tem procura relativamente reduzida, dependendo da fonte e do nível de contaminação, visto que os equipamentos tradicionalmente utilizados no país apresentam baixa produtividade relativa em comparação ao plástico duro. O custo de processo compensa, sujeito às condições de mercado. Não se considera neste caso, o custo da coleta seletiva e da separação primária, já que não fazem parte da atividade industrial de reciclagem de materiais plásticos.

apresenta qualidade para o reaproveitamento na forma de estopa (REZENDE (1993a); MONTEIRO & LEITE, (1979));

- Grande quantidade de material inerte presente no composto final - plásticos, pilhas, papel e cacos de vidro - não separados adequadamente (REZENDE (1993a);
- Compostos orgânicos não-maturados e liberados para a comercialização (REZENDE (1993a, 1993b);
- Sistema de impermeabilização e drenagem dos pátios de compostagem deficiente, podendo o chorume infiltrar e contaminar os lençóis freáticos (CAVAGUTI et. al., 1995);
- Baixa produção de recicláveis e alta produção de rejeitos. GALVÃO Jr. (1994), apresentou os seguintes dados de produção:

  Usinas de grande porte: 1,20% a 6,20% de recicláveis; 29,41% a 53,79% de composto; 44,27% a 64,39% de produção de rejeito.

  Usinas de pequeno porte: 5,06% a 29,67% de recicláveis; 34,00% a 72,155 de composto; 22,69% a 52,00% de rejeito.

3.2.3. O processo de compostagem

A reciclagem da matéria orgânica putrescível presente nos resíduos domiciliares é feita por meio do processo de compostagem, cujo produto final é chamado de composto orgânico .

A vantagem da compostagem é a reciclagem da matéria orgânica putrescível presente em grande quantidade nos resíduos sólidos domiciliares brasileiros, com a eliminação de organismos patogênicos prejudiciais ao homem e ao meio ambiente (PEREIRA NETO & STENTIFORD (1992)). Dependendo da tecnologia adotada e do monitoramento do processo, este pode ser de baixo custo e produzir um composto de excelente qualidade.

O processo de compostagem foi definido por PEREIRA NETO & STENTIFORD (1992) como um processo biológico, aeróbio, controlado,

desenvolvido por uma população mista de microrganismos aeróbios e anaeróbios (bactérias, protozoários, fungos, actinomicetos, etc.), efetuada em duas fases distintas: 1ª Fase - "Fase Ativa de Degradação"; 2ª Fase - "Fase de Maturação e Humificação da Matéria Orgânica".

Na 1ª fase ocorrem as reações bioquímicas mais intensas, predominantemente termofílicas (45 a 65°C) com atividade microbiológica de degradação e higienização maximizada. O material alcança o chamado estado de bioestabilização, onde a decomposição ainda não foi completada.

Na 2ª fase, mais longa, ocorre a fase de maturação ou de cura do composto, na qual a massa em fermentação atinge a humificação, estado em que o adubo apresenta as melhores condições como melhorador do solo e como fertilizante.

Os períodos de tempo para cada fase do processo são variáveis e dependentes da tecnologia utilizada e do tipo de material a ser compostado; em geral, pode-se dizer que a 1ª fase varia de 25 a 35 dias e a 2ª de 30 a 60 dias.

Apesar de algumas instalações de reciclagem e compostagem de lixo, possuírem grande sofisticação tecnológica, algumas vêm apresentando diversos problemas de operação e manutenção, com nível de eficiência abaixo do desejável, além de nem sempre os processos de compostagem serem desenvolvidos de forma adequada, o que tem gerado a produção de composto de qualidade duvidosa quanto ao grau de maturação e de segurança bacteriológica (REZENDE & PEREIRA NETO (1993)).

Em razão de o processo de compostagem requerer ação conjunta de grande variedade de microrganismos e de estes possuírem atuação diferenciada no processo segundo as condições ambientais, faz-se necessário exercer controle sobre alguns parâmetros do processo de modo a garantir a produção de um composto de qualidade. São considerados básicos os seguinte fatores e parâmetros inerentes ao processo (PEREIRA NETO (1993); GALVÃO Jr. (1994)):

a) características da matéria-prima, a exemplo dos materiais celulolíticos cujos processos metabólicos são complexos e demorados;
b) o sistema de compostagem utilizado, visto que quanto maior o período de degradação - primeira fase do processo - menor será o período de maturação;

c) o controle de parâmetros operacionais, que já possuem limites comprovados além dos quais não ocorre compostagem, mas sim putrefação da matéria orgânica.

Os parâmetros que influenciam no processo são:

- **Tamanho da partícula:** Segundo KIELH[11] apud GALVÃO Jr. (1994), o tamanho reduzido da partícula orgânica resulta em uma maior superfície de exposição para os microrganismos e maior rapidez na sua decomposição. Entretanto, PEREIRA NETO (1993) diz que a fragmentação das partículas não interfere no tempo total do processo de compostagem nem na qualidade do composto. A qualidade do composto está ligada ao teor de contaminantes do processo, ao teor de inertes e à boa condução do processo de compostagem, respeitando os teores de umidade e de O_2 necessários ao processo.

- **Carbono:** o carbono é usado pelos microrganismos como principal fonte de energia e constituinte das estruturas celulares (GOLUEKE e DIAZ[12] apud GALVÃO Jr. (1994)). Parte da perda de massa e da geração de calor, característicos do processo de compostagem, devem-se à oxidação do carbono para dióxido de carbono. O carbono está presente na fração orgânica dos resíduos sólidos domésticos na forma de restos de alimentos (açúcares, proteínas, gorduras), facilmente degradáveis, e nos papéis e restos de limpeza de jardins (celulose e lignina) cujas moléculas são mais resistentes ao ataque microbiológico.

- **Nitrogênio:** O nitrogênio é o principal constituinte do protoplasma dos microrganismos participantes da compostagem (LINDENBERG[13] apud GALVÃO Jr. (1994)). As células dos microrganismos possuem aproximadamente 50% de carbono e 5% de nitrogênio, na base de peso de material seco. Desta forma, o crescimento dos microrganismos dá-se obrigatoriamente na presença de nitrogênio. Nos resíduos sólidos domiciliares, o nitrogênio é encontrado em materiais provenientes de limpeza de jardins, quintais, restos de alimentos e excreções de animais.

---

[11] KIEHL, E.J. Compostagem. In: ____. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba: Ed. Agronômica Ceres, 1985. p.229-308.

[12] GOLUEKE, C.G., DIAZ, L.G., Understanding the basics of composting, Biocycle, v., p.50-6, 1990.

[13] LINDENBERG, R.C., Compostagem. In: Fuzaro, J.A. et al. Resíduos sólidos domésticos: tratamento e disposição final. São Paulo: CETESB, 1991. V.1, p.13-73.

- **Relação C/N (carbono/nitrogênio):** O equilíbrio dos nutrientes, representado através da relação C/N, é fundamental para o sucesso do processo de compostagem (PEREIRA NETO (1993)). A taxa ótima para a relação C/N no início da compostagem fica entre 30:1 e 35:1, havendo redução de decomposição com relação superior e perda de nitrogênio com relação inferior (GOLUEKE & DIAZ[14] apud GALVÃO Jr.(1994)).

Quando a relação C/N é alta, com excesso de carbono sobre nitrogênio, as taxas de reprodução e crescimento celular declinam na proporção da exaustão do nitrogênio. Para estes casos, é aconselhável a adição de material rico em nitrogênio (exemplo: lodo de esgoto) ao resíduo a ser compostado.

Quando a relação C/N é baixa, i.e. excesso de nitrogênio na massa compostável, este é eliminado através da volatilização da amônia, restabelecendo o equilíbrio da relação C/N (LINDEMBERG[15] apud GALVÃO Jr. (1994)).

O composto para ser aplicado no solo deverá ter uma relação C/N inferior a 20:1. Um produto com relação mais elevada possibilitará aos microrganismos a utilização do excesso de carbono existente no composto para a formação das células, retirando o nitrogênio do solo, favorecendo, portanto, a escassez de nitrogênio para os vegetais. Esse nitrogênio será devolvido ao solo somente pela morte dos microrganismos. Quando liberada no solo, a amônia pode ser tóxica para raízes das plantas (GOLUEKE[16] apud GALVÃO Jr. (1994)).

- **Temperatura:** O controle da temperatura deverá ser feito de modo a ocorrerem as fases mesofílica e termofílica do processo de compostagem, num período de no mínimo 30 dias. A temperatura máxima da leira deverá estar entre 55°C e 60°C, mas inferior a 60-70°C para evitar a morte dos microrganismos úteis ao processo (GOLUEKE & DIAZ[14] apud GALVÃO Jr. (1994)). No início da compostagem, a leira pode registrar temperaturas de 40 a 60°C indicando condições satisfatórias de equilíbrio de seu ecossistema (PEREIRA NETO (1993)). O

---

[14] GOLUEKE, C.G., DIAZ, L.G., Understanding the basics of composting. Biocycle, v., p.50-6, 1990.

[15] LINDENBERG, R.C., Compostagem. In: Fuzaro, J.A. et al. Resíduos sólidos domésticos: tratamento e disposição final. São Paulo: CETESB, 1991. V.1, p.13-73.

[16] GOLUEKE, C.G. Bacteriology of composting. Biocycle, v., p.55-7, 1992.

modo mais simples de controle da temperatura é feito através de revolvimento periódico das leiras de compostagem.

- **Aeração:** A aeração é importante para o controle da temperatura, aceleração da atividade microbiana e diminuição da emanação de odores.

O consumo de oxigênio em um determinado instante no ciclo da compostagem depende da temperatura da massa, do grau de agitação, da composição dos resíduos e das dimensões das partículas.

A taxa de aeração torna-se excessiva quando ultrapassa a taxa de geração de calor na massa de compostagem, causando esfriamento da mesma ou quando acelera a evaporação reduzindo a umidade a níveis que inibem a atividade microbiológica (GOLUEKE & DIAZ[17] apud GALVÃO Jr .(1994)). O formato e o tamanho das leiras pode ocasionar condições adversas à atividade dos microrganismos aeróbios, conforme descrito adiante.

A proporção mínima de oxigênio dissolvido na massa deverá estar entre 0,2 mg/l, para se assegurar uma compostagem aeróbia efetiva. A proporção deve estar acima de 1,0mg/l de oxigênio, para se evitar falta de oxigênio disponível.

Em instalações com aeração forçada deve ser garantido um fluxo na faixa de 0,3 a 0,6m^3 de ar por dia por quilograma de sólido volátil, para se garantir uma boa condição de operação aeróbia (LINDENBERG (1977); PEREIRA NETO (1993)).

- **Umidade:** A umidade é o meio de transporte dos alimentos solúveis e dos detritos da reação. Para o metabolismo dos microrganismos a umidade deverá estar na faixa de 40 a 60%, sendo este último valor aceitável para a fermentação em condições de aeração forçada e com o material em agitação; e o primeiro para leiras (LINDENBERG (1977)).

Valores de umidade inferiores a 40% causam inibição na atividade dos microrganismos do processo de compostagem, enquanto o excesso de umidade, superior a 70%, pode provocar condições de anaerobiose, devido à obstrução dos vazios pela água, restringindo a difusão de oxigênio (LIMA[18] apud GALVÃO Jr.

---

[17] GOLUEKE, C.G., DIAZ, L.G., Understanding the basics of composting, Biocycle, v., p.50-6, 1990.

[18] LIMA, L.M.Q. Compostagem. In:__.Tratamento de lixo. 2.ed. São Paulo: Hemus, 1991. P. 71-116.

(1994); KIEHL[19] apud GALVÃO Jr. (1994); LINDENBERG (1977); PEREIRA NETO (1993)).

Segundo PEREIRA NETO[20] apud VILLANI (1993), poucas usinas de compostagem têm seus sistemas dimensionados para o desenvolvimento da fase de maturação. Um fato comum que ocorre nos sistemas desenvolvidos sem controle dos parâmetros do processo é o baixo teor de umidade reduzindo a velocidade de estabilização e causando diminuição brusca da temperatura, o que tem sido interpretado erroneamente como fim do processo (que ocorre quando há exaustão do carbono disponível). Assim, o material é classificado como "composto" e indevidamente liberado para venda ou utilização agrícola, sem que tenha havido a fase de maturação.

- **Formato e Período de Revolvimento das Leiras:** nos processos desenvolvidos no Brasil, as leiras são construídas sem seguir uma metodologia científica sendo adotado qualquer formato, assim como não possuem revolvimento periódico no decorrer do processo, principalmente da primeira fase (já que para a maturação é necessário um período maior de repouso), tornando o processo anaeróbio (REZENDE & PEREIRA NETO (1993)).

Para estudo do efeito da temperatura na eliminação de patogênicos desenvolvido por MERCEDES & PEREIRA NETO (1993), as pilhas Windrow foram construídas levando-se o material diretamente sobre o solo, para que caísse de acordo com seu ângulo de atrito. As pilhas apresentavam forma final cônica com dimensões de 1,50m de altura e 1,70m de diâmetro de base.

Para estudo da performance e comparação de um sistema DANO de compostagem mecanizada quando associado ao processo Windrow, ao processo de Leiras Estáticas Aeradas ou a um sistema de leira anaeróbia, REZENDE & PEREIRA NETO (1993) construíram leiras Windrow com cerca de 5 toneladas de material com densidade inicial de 500Kg/m^3 e apresentaram uma configuração geométrica com seção reta triangular e dimensões médias de 3,0m de largura, 6,0m de comprimento e altura de 1,5m. As faces laterais foram mantidas com inclinação entre 40 e 60 graus

[19] KIEHL, E.J. Compostagem. In:___. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba: Ed. Agronômica Ceres, 1985. P.229-308.

[20] PEREIRA NETO, J.T. Conceitos modernos de compostagem. Engenharia Sanitária, abril/maio. 104-109, 1989.

em relação ao eixo vertical. Na fase de maturação as leiras reviradas passaram à forma cônica e permaneceram estáticas, sem reviramento, até o fim desta fase (de aproximadamente 50 dias). A fim de fornecer aeração necessária para atividade microbiana e evitar o desenvolvimento de temperaturas excessivas (acima de 65°C) e a emanação de odores, as leiras foram revolvidas através de pá carregadora ou manualmente a cada 3 dias nos primeiros 20 dias do processo, seguindo reviramento com uma freqüência de 5 a 6 dias até o final desta primeira fase.

Eles afirmam que a configuração geométrica constitui um mecanismo de grande importância no controle da temperatura, permitindo um balanço térmico entre o calor produzido pela massa de compostagem e o calor perdido para o ambiente, propiciando a manutenção da temperatura máxima na faixa de 60°C, ideal para uma boa atividade biológica do processo.

Segundo NÓBREGA & PEREIRA NETO (1993), comparando o processo de maturação entre leiras com revolvimento periódico e sem revolvimento periódico, concluíram que a pilha de maturação revirada produziu um adubo orgânico mais estabilizado que o da pilha estática, sugerindo análises complementares - ácidos húmicos, testes biológicos e de germinação - para precisar os ganhos reais da ação do reviramento durante a fase de maturação.

3.2.3.1 O composto orgânico

O uso do composto no solo apresenta uma série de vantagens (GALVÃO Jr. (1994); PEREIRA NETO (1993)):

- retenção da umidade do solo em períodos secos;
- preservação do solo contra a erosão;
- melhoria das propriedades biológicas do solo com aperfeiçoamento de sua microestrutura;
- aumento da permeabilidade durante períodos chuvosos;
- capacidade do composto de fornecer macro (N, P, K) e micronutrientes (Fe, Mg, Ca, dentre outros) através de reações de troca ou mecanismo de complexação ou

de quelação contribuindo substancialmente para o crescimento e desenvolvimento das plantas;

- além dos efeitos diretos no crescimento das plantas, aumenta a absorção de calor no solo, o que por sua vez aumenta a atividade enzimática e a fotossíntese dos vegetais, além de atuar como antibiótico no controle de inúmeras doenças de plantas;
- aumenta a capacidade de agregação, estabilidade e permeabilidade dos solos, aeração, capacidade de retenção de água, reduzindo os fenômenos de erosão e, indiretamente, os danos causados aos solos cultivados, a poluição e o assoreamento de mananciais hídricos;
- exerce ação protetora e atua com fonte de nutrientes para os microrganismos dos solos, agindo como um tampão biológico no solo, etc.

Não existem parâmetros estabelecidos por legislação para caracterizar a qualidade do composto orgânico produzido a partir de resíduos domiciliares; entretanto, pesquisadores têm feito sugestões para controle do processo — tanto da matéria-prima quanto do produto final.

KIEHL & PORTA (1987) sugeriram uma escala para classificação do lixo e do composto, segundo os resultados analíticos de alguns parâmetros de processo e de qualidade do produto final - apresentados no anexo A, itens a e b.

VILLANI & PEREIRA NETO (1993) procuraram avaliar, caracterizar e quantificar o grau de maturação dos compostos orgânicos do lixo urbano domiciliar, através de métodos químicos. Segundo eles, para que o composto orgânico possa ser classificado como maturado, deve apresentar os parâmetros descritos dentro das faixas apresentadas na tabela c do anexo A.

A falta de parâmetros técnicos estabelecidos em legislação favorece a liberação de composto orgânico de usinas de compostagem sem a devida qualificação, o que pode provocar vários danos à agricultura. Os problemas inerentes a um composto liberado para uso sem ter finalizado o processo de compostagem são, dentre outros:

- Produção de substâncias tóxicas para as plantas — ácidos orgânicos como acético, butírico, isobutírico, propiônico etc. — liberadas durante o metabolismo dos microrganismos, que deve ocorrer e posteriormente eliminar-se na leira de maturação, quando o composto alcança sua total humificação.
- Fatores nocivos ao plantio: amônia, que poderá ser liberada no solo e danificar as raízes das culturas; alta relação C/N característica dos produtos não maturados, que pode ocasionar a redução bioquímica do nitrogênio do solo, em conseqüência do uso do carbono residual pelos microrganismos; ocorrência de produção de toxinas inibidoras do metabolismo das plantas e germinação de sementes.

3.2.3.2. Os sistemas de compostagem visitados

As tecnologias de compostagem existentes no País podem ser resumidas em aceleradas e simplificadas ou naturais.

As tecnologias aceleradas são as existentes nos sistemas DANO e TRIGA, que utilizam bioestabilizadores e higienizadores, respectivamente, como células catalisadoras que ativam a fase inicial do processo de compostagem. Estas células são unidades fechadas onde há insuflamento de ar nos resíduos que ficam retidos por 3 a 4 dias. Erroneamente, eles são difundidos como equipamentos que promovem a compostagem, sendo o produto final o composto pronto para utilização.

Após as células catalisadoras, o material é conduzido para o pátio de cura, dando continuidade ao processo, que inicia a segunda fase, geralmente feita em leiras reviradas em pátios abertos, por um período adicional médio de 60 a 90 dias.

Segundo GOLUEKE[21] apud PEREIRA NETO & STENTIFORD (1992), não há vantagens no sistema mecanizado em relação ao de compostagem natural, pois o tempo total de processo é o mesmo para ambos, sendo que o custo da compostagem acelerada é maior do que da compostagem natural.

[21] GOLUEKE, C.G. (1982): "Composting: a review of rationale principle and public health", Compost-theory and pratice of city industry and farm, J. G. Press Emmaus.pp.19-25.

As tecnologias simplificadas não possuem insuflamento mecanizado de ar e no Brasil, em geral, são utilizadas as leiras com reviramento periódico - LEIRAS WINDROW.

Foram visitados os processos de compostagem DANO, TRIGA, e de LEIRAS ESTÁTICAS AERADAS, cujas fotografias encontram-se no anexo B

3.2.3.2.1 O processo Dano de compostagem

No processo DANO é utilizado o bioestabilizador, que é um cilindro metálico medindo de 25 a 30 m de comprimento e 3,5m de diâmetro. Seu corpo cilíndrico gira sobre rolamentos, em torno de seu próprio eixo. Ele possui sistemas para o insuflamento de ar, de modo a manter o processo aeróbio de fermentação biológica no interior dos bioestabilizadores. Possui, também, sistema para a exaustão de gases e vapores, derivados do processo de fermentação da matéria orgânica, para que não ocorra liberação de poeira e de mau cheiro para o ambiente.

O movimento rotacional faz com que os resíduos fragmentem, homogeneizem, e caminhem, por tombamento, até a saída do bioestabilizador. O material orgânico compostável que sai dos bioestabilizadores é denominado de "composto cru".

Na usina de Jacarepaguá os bioestabilizadores possuem cerca de 45m de comprimento e 3,6 m de diâmetro, com capacidade para processar até 6t/hora de resíduos, cada um.

Na usina de São Matheus os bioestabilizadores possuem cerca de 29m de comprimento e 3,5m de diâmetro, cada um.

O objetivo do bioestabilizador é acelerar a fase inicial do processo de compostagem da matéria orgânica, realizando uma pré-fermentação aeróbia, com a destruição dos organismos patogênicos. O tempo de retenção do material nestas unidades pode variar de 1 a 8 dias (GROSSI (1993)). Após este período, os resíduos são dispostos em leiras tipo Windrow e reviradas periodicamente até finalizar o processo de compostagem.

Nos sistemas DANO de Compostagem visitados, o composto que sai do bioestabilizador na usina de Jacarepaguá - RJ é submetido a uma continuação do

processo com disposição em pátio de compostagem existente na própria usina; na usina de São Matheus, o composto é vendido com a informação de que o comprador deverá dar continuação ao processo de compostagem.

PEREIRA NETO (1993) alega que esses sistemas são importantes para os países do hemisfério norte, cujo inverno rigoroso não permite que o processo microbiológico de digestão da matéria orgânica inicie e/ou ocorra numa velocidade ideal, necessitando então de um "start inicial", o que é feito em sistemas fechados, como os bioestabilizadores. Em países de clima tropical, como o Brasil, este sistema torna-se desnecessário, tendo em vista que o tempo total de processamento da matéria orgânica para a produção do composto orgânico não é significativamente alterado .

PUDELSKI[22] apud PEREIRA NETO & STENTIFORD (1992) afirma ser errônea a concepção da produção de composto por sistemas mecânicos em 3 a 10 dias e que o material retirado dos bioestabilizadores da fase biotérmica inicial de compostagem dos sistemas mecanizados é geralmente denominado "composto fresco". Após pelo menos 3 meses de compostagem adicional em leiras é que podemos obter o composto maturado para uso.

Em trabalhos desenvolvidos na Universidade de Leeds, mais de 20 experimentos em escala real, sob o processo de Leiras Estáticas Aeradas e utilizando o "composto fresco" proveniente de um sistema DANO, foi observado um período médio de 30 dias para a fase ativa e um período médio de 90 dias para a fase de maturação (nas condições climáticas da Inglaterra).

HUGHES[23] apud PEREIRA NETO & STENTIFORD (1992), após avaliação técnica do sistema DANO de Leicester, Inglaterra, enfatiza que a fase de degradação da matéria orgânica é desenvolvida em 3 etapas:

- primeira, estabilização: consiste no período de permanência do material dentro do digestor DANO durante 2 a 4 dias, quando tem início a degradação biológica, inclusive com acréscimo de temperatura para aproximadamente 55°C;

---

[22] PUDELSKI, T. (1986): "Horticultural use of the compost", *Compost: Production Quality and use*, Ed. Por Marco de Beultoldi, Elsevier Applied Science, pp. 20-29 - London, UK.

[23] HUGHES, E.G.(1980): "*The composting of municipal wastes*", *Handbook of organic waste conversion*, Edit. Michael WM Bewick, Van Nostrand Reinhold, Env. Engrs. Series, pp. 108-134.

- segunda, peneiragem: é feita a classificação do material em compostável ($\Phi \leq$ 4 cm) e não compostável (Φ>4 cm) de acordo com a granulometria;
- terceira, fase de construção de leiras Windrow: a partir do material previamente classificado, dá-se curso ao processo de degradação biológica (7 a 10 dias) e com alteração da temperatura para 75°C. Todo o processo é concluído em cerca de 3 meses.

Em pesquisas realizadas utilizando composto fresco proveniente do sistema DANO de Belo Horizonte, MG, Brasil, foi constatado que o material não apresentava características de um composto humificado, pois estava altamente contaminado do ponto de vista bacteriológico, apresentando uma média de 5 x 10^6 colônias de coliformes fecais/g e uma média de 3 x 10^5 colônias de streptococos/g; alto teor de sólidos voláteis (79,47%), mostrando que houve pouquíssima degradação no bioestabilizador. Essa proposição foi confirmada pelo tempo médio de 60 a 90 dias que foi necessário para transformar esta matéria-prima em um composto maturado (PEREIRA NETO & STENTIFORD (1992); VILLANI & PEREIRA NETO, (1993)).

REZENDE & PEREIRA NETO (1993), em estudo da performance e comparação de um sistema DANO de compostagem mecanizada quando associado ao processo Windrow com outros processos, concluíram que há necessidade da continuidade do processo de compostagem para o material extraído do bioestabilizador por um período adicional mínimo de 66 a 120 dias, a fim de que este possa ser transformado em um composto orgânico. Além disso, dentro do conceito de composto, nenhum equipamento tem condições de processar materiais orgânicos e humificar em tempo recorde de uma ou duas semanas, apresentando um produto final curado e em condições de uso, sem produzir toxidez às plantas acrescentando que o bioestabilizador funciona como um catalisador para a atividade bioquímica do processo, sem contudo exercer a função de uma unidade de tratamento.

3.2.3.2.2 O processo TRIGA de compostagem

No sistema TRIGA é utilizado o higienizador, que é um corpo cilíndrico de concreto armado com janelas que se abrem na parte superior, para a entrada da massa compostável, e supressores de ar, encarregados de gerar vácuo no interior do higienizador.

Em sua base há um mecanismo que movimenta um parafuso do tipo "Arquimedes" que possui a função de extrair o lixo fermentado já sob a forma de composto orgânico. Segundo os construtores (SANENGE), o objetivo deste conjunto é assegurar as condições mais favoráveis para o crescimento da população bacteriana aeróbia e assim acelerar a decomposição da matéria orgânica do lixo e a formação de ácidos húmicos. O tempo de detenção é de cerca de 4 dias e a maturação é opcional (GROSSI (1993)). Após a digestão no higienizador, os resíduos sólidos são dispostos em leiras do tipo Windrow e o material é revolvido periodicamente até finalizar o processo de compostagem.

O sistema TRIGA, na usina do Caju -RJ, não estava em operação.

3.2.3.2.3 O processo de Leiras Estáticas Aeradas

No sistema de Leiras Estáticas Aeradas, as pilhas de compostagem são construídas sobre tubulações de aeração e protegidas com uma camada de composto maturado. As pilhas em geral apresentam dimensões básicas de 4m de largura, 1,80m de altura e 15m de comprimento. Deve ser feita uma cobertura das pilhas com composto maturado que, além de permitir o desenvolvimento de temperaturas termofílicas nas primeiras camadas das pilhas de compostagem, funciona também como material filtrante dos gases produzidos principalmente nos primeiros dias do processo. As tubulações de aeração são conectadas a bombas centrífugas de ventilação, constituindo assim o sistema de aeração.

Na usina de Vitória - ES, o processo de compostagem é desenvolvido por este sistema. A usina possui dois pátios para compostagem — o primeiro desenvolve o sistema de aeração, e o segundo, o processo de maturação do composto. Findo o

processo de compostagem, o material é peneirado e vendido para o mercado consumidor.

VILLANI & PEREIRA NETO (1993) analisaram o composto produzido pelo processo de Leiras Estáticas Aeradas. Concluíram que, com 30 dias de aeração durante a primeira fase do processo, foi requerido um tempo de 30 a 45 dias após a fase de aeração, para que houvesse a produção do composto.

3.2.3.2.4 O processo Natural

Dentre as tecnologias naturais, as Leiras Windrow são as mais utilizadas nas usinas de compostagem brasileiras. Este processo é de baixo custo, não possui equipamentos que aceleram a fase inicial do processo ou equipamento de insuflamento de ar, sendo a massa compostável disposta em leiras sobre chão impermeável ou de terra, e o revolvimento periódico feito manual ou mecanicamente, com o uso de pás mecânicas ou outros equipamentos semelhantes.

VILLANI & PEREIRA NETO (1993) analisaram os compostos produzidos pelo processo de leiras reviradas periodicamente. Concluíram que com o reviramento da leira na primeira fase da compostagem, cerca de 90 dias, a produção do composto orgânico apresentou tempo similar ao das leiras estáticas aeradas.

3.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES

A caracterização física dos resíduos sólidos domiciliares é um dos parâmetros necessários para definir o sistema de tratamento mais adequado para atender o município. Ele é utilizado na concepção do projeto e nas análises posteriores de eficência do processo.

Segundo GOMES & POVINELLI (1991), "os dados obtidos na caracterização de uma cidade podem ser comparados com os de outra localidade, ou até mesmo servir como base para comunidades onde ainda não se tenha realizado este

serviço. É importante salientar que a utilização da composição física de outra cidade só é válida quando as populações e as próprias cidades possuírem características muito semelhantes".[24]

Os resíduos sólidos domiciliares são constituídos de uma massa heterogênea de resíduos, cuja composição varia em função de vários fatores, dentre eles (GOMES & POVINELLI (1991); CASTRO (1996):

- Nível sócio-econômico da população que o produz: em comunidades onde o poder aquisitivo é maior, a produção de recicláveis (embalagens) é mais significativa; em comunidades mais pobres a matéria orgânica está presente em maior quantidade.
- Estações do ano: nas estações quentes e chuvosas do ano ocorre o aumento da percentagem de umidade que, conseqüentemente, influencia no peso específico do lixo. Nestas estações é normal também um maior consumo de vegetais e frutas, aumentando a quantidade orgânica nos resíduos.
- Costumes e hábitos da população: as populações residentes nos grandes centros urbanos produzem uma maior quantidade de embalagens, quando comparadas com as populações residentes em zonas rurais ou em cidades menores e mais afastadas das capitais.
- Clima predominante da região.
- Dia da semana: nos períodos de férias, feriados e nos finais de semana o volume de lixo gerado é maior do que nos demais dias do ano.
- Mudança na política econômica do país: planos econômicos que estabilizam a economia do país contribuem para um aumento dos resíduos gerados.
- Tratamentos domicilares que são adotados nos resíduos antes de sua coleta: neste caso refere-se a uma pré-seleção do lixo antes do descarte final, reduzindo o percentual de alguns tipos de resíduos da massa total. A trituração do lixo, prática não muito comum no Brasil, causará grandes dificuldades para o trabalho de caracterização do lixo.
- Maior ou menor eficiência dos serviços de coleta: o processo de degradação dos resíduos orgânicos putrescíveis inicia-se muito rapidamente, e quando os resíduos sólidos domiciliares ficam expostos para coleta por períodos de tempo muito

[24] Ver tabelas 6 e 7

longos, surgem os problemas de ordem sanitária, como a formação de maus odores e presença de vetores. A caracterização destes resíduos torna-se dificultada e pode até invalidar a amostra, já que alguns componentes em degradação podem ficar sem condições de identificação.

Segundo LIMA[25] apud GOMES & POVINELLI (1991) os resíduos sólidos podem ser classificados de acordo com seus diferentes graus de biodegradabilidade em:

- Facilmente degradáveis: matéria orgânica;
- Moderadamente degradáveis: papel, papelão e outros produtos celulolíticos;
- Dificilmente degradáveis: trapo, couro, borracha, madeira;
- Não degradáveis: vidro, metal, plástico, pedras e terra.

Para os processos de reciclagem e compostagem, a caracterização dos resíduos sólidos domiciliares permite avaliar se é vantajoso investir na recuperação dos materiais recicláveis e compostáveis, mediante o quantitativo existente destes materiais na massa de resíduos a ser processada.

Em geral, o procedimento para realizar a caracterização física dos resíduos sólidos consiste em selecionar quantitativamente, amostras representativas da massa de lixo principal, homogeneizá-la e reduzir, se necessário, o seu volume pelo método do quarteamento. Do montante resultante, os seus constituintes são separados em grupos de recicláveis e de rejeito. Cada grupo é pesado e a quantidade removida de cada material é relacionada com a quantidade total amostrada, fornecendo os resultados em percentual em peso e em base úmida.

Visando obter um indicativo do comportamento do processo da usina de Jacarepaguá, foram feitas caracterizações dos resíduos sólidos presentes nas principais etapas de processamento, seguindo-se a metodologia de caracterização de resíduos sólidos domiciliares descrita por GOMES & POVINELLI (1991), apresentada a seguir:

[25] LIMA, L.M.Q. Compêndio de publicações - Resíduos Sólidos Urbanos, Campinas: CPEL, 1986.

1. Primeira parte: amostragem;

Para os resíduos em processo, na usina de Jacarepaguá, as amostras representativas foram coletadas em latões, retiradas em pequenas porções num tempo total de 60 minutos. As amostras foram transportadas posteriormente para um pátio onde era realizada a caracterização.

2. Segunda parte: homogeneização

- Os resíduos foram descarregados sobre uma lona plástica, disposta no chão do pátio.
- Todos os sacos de lixo foram abertos e esvaziados.
- Foram retirados os materiais grosseiros (pneus, madeiras etc.);
- A massa de lixo foi homogeneizada manualmente utilizando-se uma pá comum.

3. Terceira parte: quarteamento;

Após a homogeneização, a massa de resíduos foi quarteada várias vezes e o seu volume foi reduzido até ficar na faixa de 100 a 200kg.

O quarteamento consistiu em:

- dividir a massa homogeneizada em 4 partes;
- duas partes vis-a-vis foram descartadas, e as outras duas foram juntadas;
- a massa remanescente foi, então, homogeneizada e dividida novamente em 4 partes, repetindo-se o último procedimento.

Estas duas últimas etapas foram repetidas até que a massa inicial fosse reduzida a cerca de 100 a 200kg.

4. Quarta parte: caracterização

Da massa remanescente foram separados os seus constituintes, em grupos de: vidro inteiro (embalagens de sucos, bebidas e alimentos), ou cacos de vidro; papel (escritório); jornal; papelão; plástico duro; plástico filme; PET (refrigerante); PVC; metais ferrosos; alumínio; rejeito (fraldas e absorventes, papel higiênico, madeira,

borracha, seringas e agulhas, gazes usadas e curativos; entulho, outros); matéria orgânica putrescível.

Os montes de cada grupo foram pesados separadamente, em base úmida, e relacionados em percentagem com a massa total.

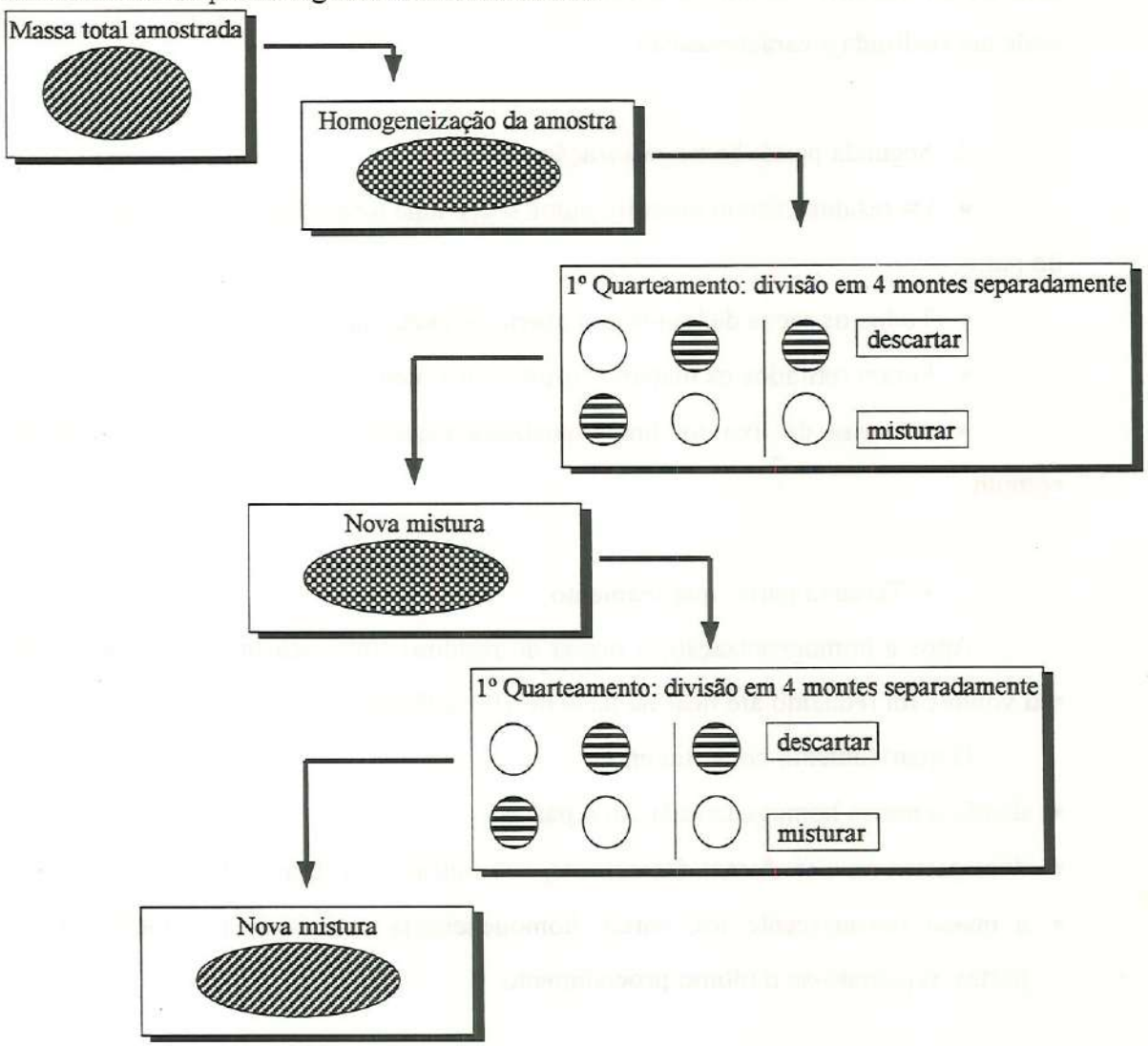


FIGURA 4 - Esquema representativo do procedimento de caracterização física dos resíduos sólidos domiciliares.

3.4 DESCRIÇÃO DAS USINAS DE RECICLAGEM E COMPOSTAGEM VISITADAS

Neste item serão descritos os processos das usinas de Jacarepaguá (RJ), de São Matheus (SP), de Vitória (ES), bem como apresentação dos respectivos fluxogramas de processo. Os equipamentos e os setores de cada usina pode ser vistos nas fotografias apresentadas no anexo B.

3.4.1 Usina de Jacarepaguá

A usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá foi projetada e construída baseada na concepção do processo DANO de compostagem.

Inaugurada em 30 de novembro de 1992 e ocupando uma área de 80 mil m^2 no bairro de Vargem Pequena, zona oeste da cidade do Rio de Janeiro, ela foi projetada para processar 600t/d de resíduos sólidos domiciliares, com uma produção estimada em 300 toneladas de composto orgânico maturado e 13% de material reciclável industrialmente, presente nos resíduos sólidos domiciliares (plástico, vidro, papel, papelão, metais ferrosos e não ferrosos). O investimento foi de US$ 12 milhões, pagos pela prefeitura, com a obra iniciada em julho de 1991 (VASCONCELLOS, 1992).

A Usina recebe e processa os resíduos sólidos domiciliares dos bairros da zona oeste da cidade do Rio de Janeiro - Barra da Tijuca, Recreio dos Bandeirantes, Jacarepaguá. Não eram processados os resíduos coletados de supermercados e de restaurantes, de varrição, da orla marítima, e de feiras livres.

A coleta é feita com caminhões compactadores e basculantes.

A usina funciona em dois turnos de 8:20 horas cada, de segunda a sexta feira, e um turno de 8:20horas aos sábados.

A etapa de catação dos recicláveis e os demais setores, até janeiro de 1995, era conduzida por empregados da COMLURB[26] , cabendo à administração o papel de supervisão do processo. A partir de abril de 1995 a etapa de catação do processo foi terceirizada, passando todo o seu controle a uma Cooperativa de Catadores, organizada por moradores das comunidades próximas ao local. As demais etapas do processo permanecem sob a responsabilidade e a supervisão dos empregados da COMLURB - setores de manutenção, controle de pesagem e de vazamento das viaturas na usina, destino final dos rejeitos, venda do composto, produção do composto, fiscalização do processo.

A cooperativa tem um total de 124 catadores (62 catadores por turno de trabalho), sendo a grande maioria mulheres. Ela tornou-se responsável pela catação dos resíduos recicláveis, feitura dos fardos (fardos de plásticos duros e filmes, de latas de alumínio, de latas ferrosas, de papel, de papelão), estocagem e venda dos mesmos. Os recicláveis retirados no processo são requisitados por compradores específicos ou possuem valores expressivos no mercado consumidor.

O dinheiro arrecadado com a venda dos recicláveis é dividido entre os cooperados (constituindo no salário dos mesmos), e a cooperativa (para sua manutenção).

3.4.1.1 Fluxograma e descrição das etapas de processamento

A usina de Jacarepaguá foi construída em diferentes prédios e níveis de elevação. Cada setor de trabalho localiza-se num nível, necessitando do uso de transportadores de correia com inclinação ascendente em várias partes do processo.

Todo o processamento dos resíduos ocorre em três linhas, numeradas de um a três. Existem três linhas de alimentação, três linhas para os peneiramentos primário e secundário, três linhas de catação, seis bioestabilizadores (dois bioestabilizadores por

[26] COMLURB, Companhia Municipal de Limpeza Urbana responsável pela coleta e destinação final do lixo do município do Rio de Janeiro.

linha de alimentação); um terminal de rejeito com quatro linhas de acesso, um terminal de composto com separador balístico, com três linhas de acesso, um setor de beneficiamento de composto maturado contendo um tanque de alimentação, um transportador de canecos, duas peneiras rotativas.

A usina possui os seguintes prédios (ver figuras 5 e 6):

1. Prédio de Vazamento: No nível mais alto encontra-se o pátio de descarga, os fossos de estocagem e as moegas de alimentação do processo. No térreo há os setores de estocagem de recicláveis, escritório da cooperativa, almoxarifado, setor de manutenção.
2. Prédio da Separação Primária: Encontra-se um nível abaixo do prédio de vazamento. Há as peneiras de separação primária, que dividem o fluxo de resíduos para as mesas de catação primária e para os bioestabilizadores. As entradas dos bioestabilizadores e os postos de catação de recicláveis ficam no final do prédio.
3. Prédio da Catação Primária: Localiza-se ao lado do prédio anterior. No segundo andar há as mesas de catação primária, as linhas de rejeito primárias. No térreo há as baias de estocagem de recicláveis (de papéis, papelão, plástico filme, alumínio, ferrosos, PET), com as prensas para o enfardameto do material. Na parte externa há baias de estocagem e armazenamento de plástico duro, e fardos de resíduos ferrosos. Em frente deste prédio há as baias para estocagem de sucatas ferrosas e outros materiais recicláveis que podem ser estocados ao ar livre.
4. Prédio da Separação Secundária: Localiza-se na extremidade final dos bioestabilizadores. Nele encontram-se as saídas dos bioestabilizadores, as peneiras de separação secundária, as mesas de catação secundária, e as linhas de rejeito secundárias.
5. Prédio do terminal de rejeito: Localiza-se entre os dois últimos prédios. Ele recebe as linhas de rejeito primária e secundária. Nele há uma moega que direciona a queda dos rejeitos para a esquerda ou direita, conforme o posicionamento do recipiente de recebimento (caminhão ou caçamba).
6. Prédio do Terminal de Composto: Localiza-se atrás do prédio de separação secundária. Recebe as linhas de composto cru, após o peneiramento. Nele há um separador balístico e as baias de estocagem para o composto.

7. Prédio de Beneficiamento de Composto: Localiza-se no final do pátio de compostagem. Nele ocorre o peneiramento do composto maturado. Contém uma moega de alimentação com chão móvel, uma peneira rotativa, um transportador de canecos e um transportador de correia inclinado.

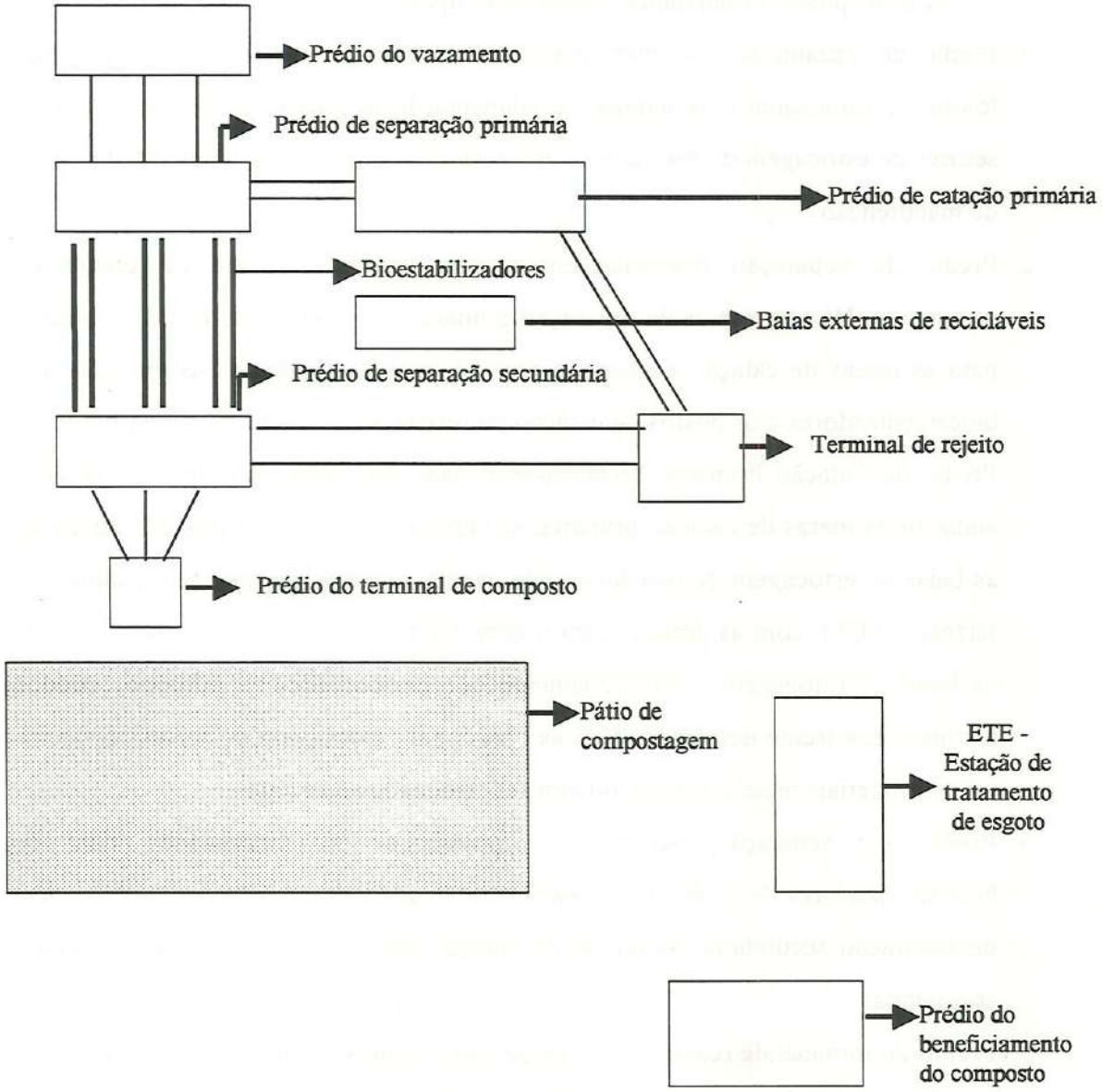


FIGURA 5 - Vista superior dos principais setores da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ.

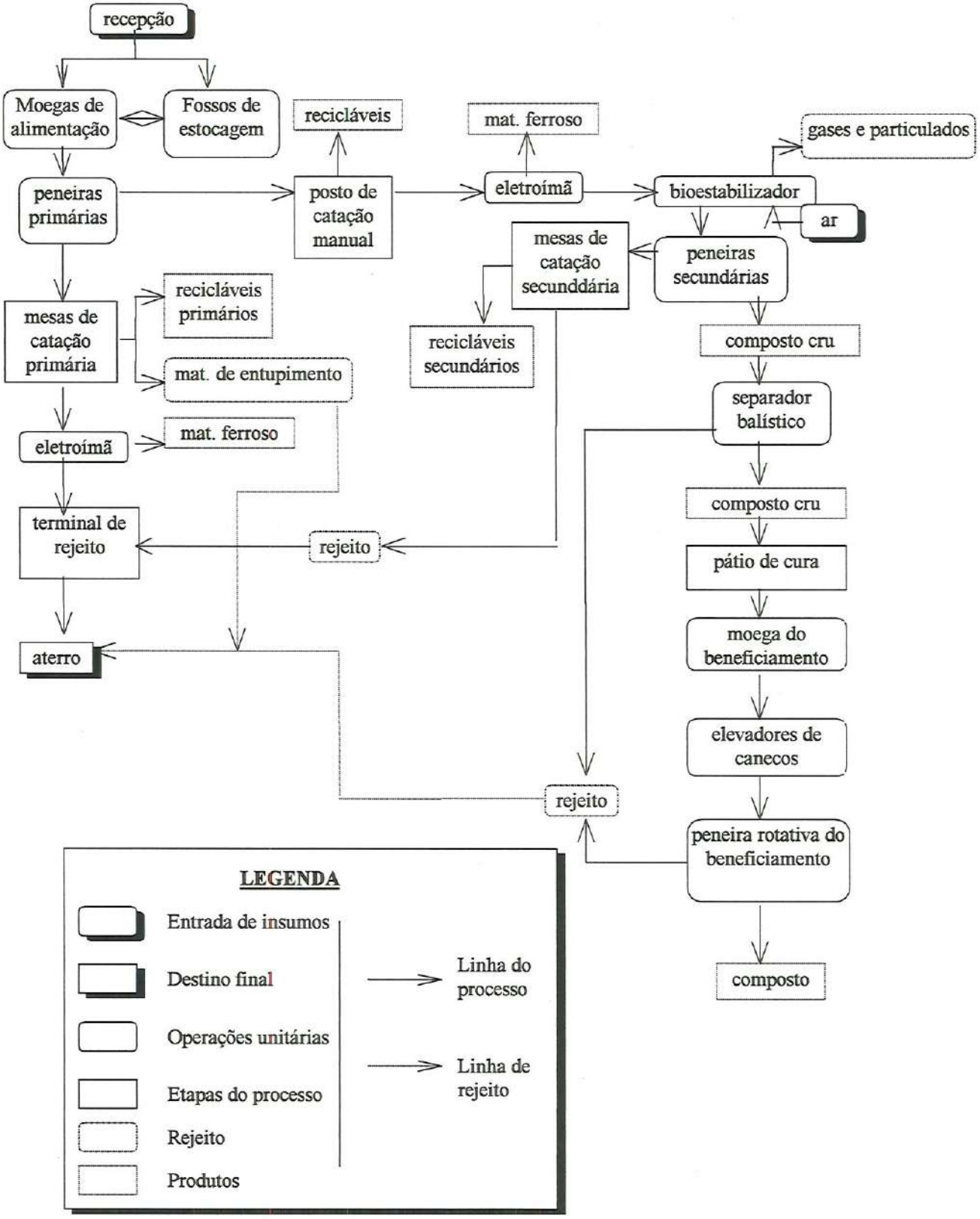


FIGURA 6 - Fluxograma do processo da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ

3.4.1.1.1 Recepção

Descrição do processo: a recepção é o local de pesagem e de identificação dos caminhões. Os caminhões são pesados ao entrarem e saírem da usina, ou seja, antes e após o seu vazamento, respectivamente. A diferença entre esses valores equivale ao peso dos resíduos sólidos vazados na usina. Simultaneamente é feita a identificação do mesmo incluindo o número do caminhão, a empresa coletora e a área de coleta.

Descrição do setor: A pesagem é feita com o uso de 2 balanças rodoviárias eletrônicas, ambas com capacidade para 80 toneladas. Todos os dados coletados são registrados em boletos e passados diariamente para a administração da usina.

3.4.1.1.2 Fossos de estocagem e moegas de alimentação

Descrição do processo: O caminhão, após a pesagem na entrada, é conduzido até os fossos de estocagem, onde descarrega os resíduos. Eventualmente, a descarga é feita nas moegas de alimentação. Os resíduos dispostos nos fossos de estocagem são transferidos para as moegas de alimentação pelo uso de transportadores de garras tipo pólipo.

As moegas possuem na sua base transportadores de chapas articuladas que conduzem os resíduos sólidos continuamente para as peneiras primárias.

Descrição do setor: Os fossos de estocagem e as moegas de alimentação localizam-se no pátio superior do prédio de vazamento. Cada moega possui $30m^3$ de capacidade, e os quatro fossos de estocagem possuem capacidade total de $2970m^3$.

O acesso aos caminhões é feito por meio de uma rampa. Existem quatro fossos de estocagem, três moegas de alimentação e uma de transbordo de rejeitos.

No processo são utilizados os três fossos de estocagem, em sistema de rodízio, e o quarto fosso é utilizado para estocagem dos resíduos destinados ao aterro.

A moega de transbordo foi projetada para armazenamento de objetos de grande volume que podem danificar os equipamentos, e que são retirados antes da

alimentação do processo. Sua capacidade é de $40m^3$. O fundo desta moega é fechado por uma comporta, aberta somente para a transferência dos resíduos para a caçamba do caminhão.

Existem duas pontes rolantes providas de pólipos eletro-hidráulicos de garras que transferem o lixo entre os fossos e as moegas, cujas capacidades são de 6 toneladas. O volume das garras é de até $2,5m^3$.

Em cada moega de alimentação o chão é de chapas articuladas (também chamado de chão movediço); as paredes frontais possuem um escudo de alimentação com altura regulável (na faixa de 208mm a 350mm). O chão movediço possui capacidade para 12 t/h, 10 m de comprimento e 2,0 m de largura.

3.4.1.1.3 Peneiras de separação primária

Descrição do processo: Os resíduos provenientes das moegas de alimentação são conduzidos pelos transportadores de chapas articuladas para as peneiras primárias. Nestas ocorre a divisão de resíduos: aqueles de granulometria superior à malha da peneira são conduzidos, por meio das esteiras transportadoras, para o prédio de reciclagem primária; aqueles de granulometria inferior à malha da peneira, são conduzidos por meio de esteiras transportadoras para os bioestabilizadores.

Antes da entrada de cada peneira primária, há de um a dois empregados da COMLURB responsáveis por:

- parar a linha para os desentupimentos: da saída da moega de alimentação, da saída da peneira primária e das malhas das peneiras primárias.
- realizar a catação manual do vidro claro e do vidro escuro. As embalagens de vidro são conduzidas por meio de dutos para contêineres, e se quebram ao se chocar com o fundo destes.

Em cada transportador de correia inclinado que alimenta os bioestabilizadores, há:

- três postos de catação onde estão localizados três catadores da cooperativa que retiram resíduos recicláveis - plástico duro, latas de alumínio, PET.

- uma polia magnética, antes da entrada dos bioestabilizadores, responsável pela remoção de resíduos ferrosos.

Estes resíduos recicláveis são conduzidos por meio de dutos para os contêineres localizados na parte térrea do prédio. Os resíduos ferrosos são descarregados no transportador de correia da 'linha um', que os conduz ao prédio de catação para remoção posterior pelo eletroímã daquela seção. Os demais resíduos são descarregados nas respectivas baias de estocagem de recicláveis.

Os bioestabilizadores são alimentados com os resíduos remanescentes - após o peneiramento primário, os postos de catação e a remoção de metais ferrosos. Cada transportador de correia inclinado alimenta, alternadamente, dois bioestabilizadores.

Descrição do setor: O prédio das peneiras primárias possuem três peneiras rotativas de separação primária, seis transportadores de correia, três eletroímãs (polias magnéticas), e a entrada de seis bioestabilizadores, além dos contêineres para armazenamento e transporte de recicláveis coletados neste setor.

O início do processo no setor ocorre com a alimentação das peneiras rotativas primárias por meio do chão movediço das moegas de alimentação. Cada peneira possui aberturas de 224 X 220mm e oito conjuntos lâminas pontiagudas para o rompimento dos sacos. Os resíduos com diâmetro maior que a malha da peneira são conduzidos, por meio de transportadores de correia, localizados nas saídas das peneiras, para o setor de catação primária. Estes transportadores serão as mesas de catação da linha de processo no prédio de catação primária. Os resíduos peneirados, ou seja, com diâmetro menor que a malha da peneira, são conduzidos pelos transportadores de correia inclinados, localizados sob a peneira, para alimentação dos bioestabilizadores.

Cada esteira transportadora que alimenta os bioestabilizadores possui um eletroímã do tipo polia magnética, para separação de metais ferrosos, e alimenta dois bioestabilizadores periodicamente.

3.4.1.1.4 Mesas de catação primárias

Descrição do processo: Os resíduos não peneirados nas peneiras de separação primária são conduzidos para o prédio de catação primária. Neste local ocorre a catação manual dos resíduos recicláveis (plástico filme, papel, papelão, plástico duro, PET, PVC, alumínio); dos resíduos de grandes dimensões causadores de entupimentos; da sucata mista (sucata ferrosa, aço, cobre, antimônio, baterias de carro etc.); de filmes fotográficos e chapas de raios X; e a catação mecânica, pelo uso de eletroímã, de resíduos ferrosos (na maioria são latas ferrosas).

Esses resíduos recicláveis são conduzidos para as respectivas baias localizadas no andar térreo do prédio, onde são feitos os fardos e/ou a sua estocagem.

Os resíduos remanescentes são conduzidos para o terminal de rejeito.

Descrição do setor: As mesas de catação são uma continuidade dos transportadores de correia provenientes do peneiramento ocorrido nas peneiras de separação primárias, descrito no item anterior (resíduos de dimensões superiores às das malhas das peneiras). Estes transportadores de correia são ajustados de forma a formarem uma configuração plana, conhecidas como "mesas de catação", totalizando um conjunto de três mesas de catação. As mesas de catação possuem cerca de 50m de extensão e 0,90 m de largura, e 13,8 m/minuto de velocidade.

Cada mesa possui 13 catadores cooperativados, totalizando 39 catadores por turno. Estes são responsáveis pela remoção manual de recicláveis, sucata ferrosa, resíduos que causam entupimento nas linhas posteriores do processo. Cada catador é responsável pela remoção de, pelo menos, um tipo de material.

Os resíduos são retirados na seguinte seqüência: plástico filme (nas cores preto, azul, translúcido), papel branco (não incluindo papel higiênico e o papel-jornal — este somente quando havia pedidos de compradores), papelão, plástico duro, PET, alumínio (latas, alumínio grosso), material causador de entupimento (resíduos de grandes dimensões), sucata mista (sucata ferrosa, aço, baterias de carro). A partir do segundo semestre de 1995, foi introduzida a remoção de resíduos de PVC; cobre, antimônio, filmes fotográficos e chapas de raios X, que estavam presentes no

processo em menores proporções, sendo retirados por todos os catadores e demoram mais tempo para adquirirem peso comercializável.

Os resíduos recicláveis são conduzidos, por meio de dutos, para as suas respectivas baias, onde ocorrem prensagem, enfardamento e/ou armazenamento dos mesmos. São utilizadas 5 prensas para a feitura dos fardos.

Os plásticos filmes, PET, papéis brancos, papelões, são prensados e enfardados, e estocados em local coberto, no andar térreo do prédio de vazamento. Os plásticos duros são conduzidos por meio de esteiras transportadoras para duas baias de estocagem, externas ao prédio de reciclagem primária.

As latas de alumínio são recolhidas em latões e transferidas para uma baia no andar térreo do prédio, onde são prensadas e enfardadas. A estocagem é feita em área coberta no andar térreo do prédio de vazamento.

As sucatas mistas são acumuladas no setor de catação para posterior transferência em contêineres, por meio de uma moega de transferência existente no chão do salão, para as baias de estocagem externas.

Os resíduos que causam entupimento nas linhas são transferidos por meio da moega citada, para contêineres que, após o enchimento ou no final do expediente, são conduzidos para aterro.

Os demais resíduos são coletados em latões e armazenados separadamente até atingirem peso comercializável.

No final de cada uma das mesas de catação há um eletroímã suspenso, posicionado transversalmente à mesa, que retira material ferroso de dimensões menores que as sucatas ferrosas (latas ferrosas na grande maioria), jogando-os diretamente, por meio de dutos, para a baia onde ocorre a prensagem e feitura dos fardos. A estocagem dos fardos é feita em baias localizadas fora do prédio.

Os resíduos sólidos que seguem no processo após os eletroímãs são conduzidos, por meio de transportadores de correia, para o terminal de rejeito.

Para auxiliar na catação e transporte de plástico filme utiliza-se um transportador pneumático, cujos ramais de aspiração estão posicionados sobre as mesas de catação, permitindo que o catador eleve o plástico retirado e este seja aspirado pelo transportador e conduzido diretamente às baias de estocagem.

3.4.1.1.5 Bioestabilizadores ou sistema de digestão acelerada

Descrição do processo: Os resíduos peneirados na peneira de separação primária (matéria orgânica e inertes), conduzidos pelo transportador de correia com inclinação ascendente, alimentam cada dois bioestabilizadores, periódica e continuamente.

Os controles do processo de compostagem feitos nos bioestabilizadores são:

- de temperatura, com o uso de o termômetro colocando-o em três pontos diferentes ao longo dos bioestabilizadores;
- de nível de resíduos - a leitura ocorre na entrada dos bioestabilizadores permitindo um enchimento até um nível máximo de 2,40m. A drenagem do líquido gerado no processo é feita pelo uso de drenos existentes na entrada e ao longo dos bioestabilizadores.

Descrição do setor: O sistema de digestão acelerada compreende o uso de seis bioestabilizadores DANO, cada um possuindo um sistema de insuflamento de ar, e cada 2 possuindo um sistema de exaustão de gases e vapores com filtros biológicos, que funcionam continuamente.

Os bioestabilizadores são posicionados horizontalmente em relação ao solo, expostos ao ar livre, ligando o prédio de separação primária ao de separação secundária, por suas extremidades apoiadas em rolamentos.

A alimentação dos bioestabilizadores com matéria orgânica e inertes provenientes das peneiras de separação primária é feita por meio de transportador de correia, com inclinação ascendente, que conduz os resíduos até uma entrada localizada na parte superior dos bioestabilizadores. Cada transportador alimenta dois bioestabilizadores, alternada e continuamente, pelo uso de um conjunto de moegas diversoras que trabalham automaticamente, em intervalos médios de tempo de 40 minutos, acionados por pistão pneumático, de modo a garantir alimentação homogênea aos dois bioestabilizadores. Este sistema automático pode ser interrompido, permitindo o comando manual da alimentação de um bioestabilizador. Esta alternativa é usada quando ocorre alguma eventualidade no processo (exemplo: a paralisação de um dos bioestabilizadores para manutenção).

A saída dos bioestabilizadores está localizada no prédio de separação secundária. A saída do composto cru e dos inertes é contínua, porém não está correlacionada à alimentação dos bioestabilizadores. Desta forma, os problemas que levam à interrupção da saída do composto cru não provocam, necessariamente, a paralisação da alimentação nos bioestabilizadores.

3.4.1.1.6 Peneiras de separação secundárias e mesas de catação secundárias

Descrição do processo: As saídas dos bioestabilizadores encontram-se no prédio das peneiras de separação e de catação secundárias. O composto cru e os inertes são transportados para separação nas peneiras rotativas secundárias. Os inertes caem diretamente nas mesas de catação secundária e o composto cru é transportado para o terminal de rejeito.

As mesas de catação secundárias possuem postos de catação, com dutos condutores dos recicláveis para contêineres de armazenamento e estocagem durante o período de trabalho. Os recicláveis retirados nesse setor são denominados "recicláveis de segunda categoria", que são, em geral, metais ferrosos e não ferrosos, plástico duro, PET e vidro. O vidro apresenta-se na forma de caco, e os demais resíduos encontram-se bastante amassados, sujos e cheios com o composto cru.

Após as mesas de catação secundárias, os resíduos remanescentes são conduzidos para o terminal de rejeito.

Descrição do setor: O setor possui: as saídas dos seis bioestabilizadores; seis transportadores de correia para alimentação das peneiras rotativas de separação secundárias; três peneiras rotativas; três transportadores de correia sob as peneiras, que consistem nas linhas de carregamento de composto cru para o terminal de composto; três transportadores de correia na saída das peneiras rotativas, que possuem formato plano chamadas de 'mesas de catação secundária'; dois transportadores de correia, que consistem nas linhas de rejeito.

Cada dois bioestabilizadores alimentam uma peneira rotativa secundária. Os resíduos são conduzidos por meio de transportadores de correia, até numa moega localizada na entrada da peneira.

A peneira rotativa secundária separa os resíduos de dimensões maiores que sua malha - em geral, recicláveis e rejeitos - dos resíduos de dimensões inferiores à sua malha - composto cru e inertes de pequenas dimensões.

Os resíduos recicláveis e os rejeitos são descarregados das peneiras rotativas sobre as mesas de catação secundária. Após a separação dos recicláveis, os resíduos remanescentes são transferidos para uma das duas linhas de rejeito. A transferência é feita por meio de um duto que liga o término da mesa de catação ao transportador de correia, que fica abaixo da mesa, e que conduz os resíduos para o terminal de rejeito.

O composto cru e os inertes de pequenas dimensões são conduzidos por três correias transportadoras que finalizam no terminal de composto.

3.4.1.1.7 Terminal de rejeito

Descrição do processo: O terminal de rejeito recebe as duas linhas de rejeito do setor de catação secundária e as duas linhas de rejeito do setor de catação primária. Os resíduos caem diretamente sobre as caçambas ou carretas que, quando cheias, são cobertas por lonas e conduzidas para o aterro sanitário, onde ocorre a destinação final dos rejeitos.

Descrição do setor: O terminal de rejeito é capaz de operar continuamente, desde que hajam recipientes adequados (caminhão basculante ou caçamba tipo roll-on roll-off), para receberem os rejeitos. As quatro linhas de rejeito (duas do setor de catação secundária e duas do setor de catação primária), se encontram sobre uma moega.

A moega é dividida por chapa defletora, de operação manual, que direciona a queda dos rejeitos para a direita ou esquerda, conforme a localização do recipiente coletor. Isto permite que um recipiente colete os rejeitos enquanto o outro seja preparado para tal, sem que haja a paralisação do processo.

3.4.1.1.8 Terminal de composto e pátio de compostagem

Descrição do processo: No terminal de composto são descarregados o composto cru e os inertes de pequenas dimensões, conduzidos por três transportadores de correia que saem das peneiras secundárias.

O composto cru e os inertes passam por uma separação balística. Os inertes, considerados rejeitos, são conduzidos para o aterro sanitário. O composto cru cai sobre um caminhão basculante ou no chão. Quando o composto cru cai sobre o caminhão, cuja tara é conhecida, este é pesado e, posteriormente, descarrega o composto cru no pátio de compostagem para formar as leiras de compostagem. Deste modo a produção de composto cru é obtida diariamente. Este procedimento foi feito inicialmente de 1992 a 1994.

A partir de 1994, o composto cru passou a ser liberado diretamente no chão e conduzido por meio de pá mecânica para o pátio de compostagem. Deste modo passou-se a ter mais velocidade para formação das leiras de compostagem, mas a produção diária de composto cru passou a ser estimada.

As leiras são reviradas periodicamente pelo uso de máquinas próprias, de modo a aerar a massa compostável e dar prosseguimento ao processo aeróbio de compostagem.

O processo é controlado por biólogos da COMLURB, que acompanham a evolução dos parâmetros principais. Após o período de maturação o composto é transferido para o setor de beneficiamento.

Descrição do setor: O pátio de compostagem é totalmente asfaltado e dividido em setores. Os setores ordenam o processo de maturação de composto (desde a formação diária das leiras até o último reviramento), com áreas de estocagem para o beneficiamento após o 41º dia de maturação.

O pátio é inclinado do seu centro para as extremidades, de modo a facilitar o escoamento do chorume, produzido durante o processo de compostagem, e das águas pluviais para as canaletas coletoras, que os conduzem para a estação de tratamento de esgoto da usina.

Um dos problemas observados é que o escoamento não é perfeito, ocorrendo a formação de poças no referido pátio e acúmulo de composto nas canaletas coletoras.

3.4.1.1.9 Beneficiamento do composto

Descrição do processo: O composto considerado maturado é conduzido ao setor de beneficiamento, onde é peneirado. Na peneiração ocorre a separação do composto maturado dos rejeitos. Os rejeitos são conduzidos para o aterro sanitário e o composto é liberado para venda.

Descrição do setor: O prédio de beneficiamento do composto possui uma moega de alimentação, um transportador de correia que transfere o composto para o elevador de canecos, e este, por sua vez, alimenta a peneira rotativa de beneficiamento do composto.

A malha da peneira é de 11,1mm. O composto de granulometria menor que que a abertura da malha da peneira é conduzido por um trasportador de correia, localizado sob a peneira de beneficiamento, para um outro transportador de correia de composto beneficiado, cuja ponta de descarga é apoiada na viga do telhado do prédio do beneficiamento, despejando o material de uma altura de 6,10m, formando, assim, a pilha de composto beneficiado.

Há um transportador de correia para os rejeitos, que os lança para fora do prédio, e que são posteriormente levados ao aterro.

A transferência do composto maturado e dos rejeitos são feitos com pá mecânica e caminhão basculante. O composto produzido estava sendo vendido, em 1995, a R$ 8,00/t.

3.4.1.1.10 Distribuição da mão-de-obra

A mão-de-obra empregada na usina é dividida entre empregados da COMLURB e da cooperativa de catadores. São 143 empregados da COMLURB e 124 catadores da cooperativa. A distribuição geral é dada nas tabelas seguintes.

TABELA 11 - Distribuição da mão-de-obra da usina de Jacarepaguá (1995)

Setores	Homens	Mulheres
recepção do lixo	01*02=02	***
esteira de catação	02*02=04	39*02=78
pátio de compostagem	02*02=04	***
peneiramento do composto	02*02=04	***
bioestabilizador	02*02=04	***
peneira primária	16*02=32	***
peneira secundária	02*02=04	***
Total	**54**	**78**

*02 = 2 turnos; informações obtidas pelo questionário.

TABELA 12 - Distribuição da mão-de-obra da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepagúa por segregação de recicláveis (1995)

Reciclável	Setor	Mão-de-obra	Média mensal (kg)
plástico filme	catação	02*06=12	80.506,83
papel	catação	03*06=18	163.899,67
papelão	catação	02*06=12	100.537,67
plástico duro	catação	02*06=12	31.806,66
PET	catação	02*06=12	24.366,33
metais ferrosos	catação	02*06=12	29.250,00
alumínio	primária	03*06=18	9.951,50
vidro claro	primária	02*06=12	6.435,00
vidro escuro	primária	02*06=12	5.503,33
Total		**120**	**452.256,99**

*06=03 linhas por turno=06

TABELA 13 - Distribuição da mão-de-obra da gerência da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá (1995).

Gerência da Usina	Total
Gerente de departamento	1
Gerente adjunto	1
Assistente	1
Auxiliar administrativo	1
Auxiliares administrativos	2
Encarregados	3
Vigia	1
Armazenistas	4
Motorista	1
Total	**15**

TABELA 14 - Distribuição da mão-de-obra da divisão de produção da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá (1995).

Divisão de produção - 1° turno	Total
Gerente de divisão	1
Encarregados	2
Recepção	1
Catação	1
Galpão Peneira Primária	7
Galpão Peneira Secundária	3
Beneficiamento	2
Terminal de rejeito	1
Operadores de máquinas pesadas	2
Operadores de máquinas leves	2
Operadores de ponte rolante	2
Borracheiro	2
Operadores de aparelhos e instrumentos	3
Motoristas	3
Total	**32**

TABELA 15 - Distribuição da mão-de-obra da divisão de produção (2° e 3° turnos) da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá (1995).

Divisão de produção - 2° e 3° turnos	Total
Gerente de divisão	1
Encarregados	2
Recepção	2
Catação	1
Galpão Primário	7
Galpão Secundário	3
Beneficiamento	4
Limpeza equipamento / peneiras	4
Terminal de rejeito	1
Operadores de máquinas pesadas	3
Operadores de máquinas leves	3
Operadores de ponte rolante	3
Borracheiros	2
Operadores de aparelhos e instrumentos	5
Motorista	5
Total	**41**

TABELA 16 - Distribuição da mão-de-obra da divisão de manutenção da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá (1995).

Divisão de Manutenção	Total
Gerente de divisão	1
Assistentes	2
Lubrificadores	2
Soldadores	4
Operador de aparelhos e instrumentos	2
Mecânico industrial	8
Mecânico de viaturas	1
Bombeiro Hidráulico	2
Eletricista	6
Estagiário	1
Total	**29**

TABELA 17 - Distribuição da mão-de-obra da divisão de conservação da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá (1995)

Divisão de Conservação	Total
Gerente de divisão	1
Assistente	1
Faxineiro	1
Limpeza externa	14
Administração	1
Estação de tratamento de esgoto (ETE)	1
Banheiro (vestiário)	1
Refeitório	2
Pedreiro	2
Pintor	2
Total	**26**

3.4.2 Usina de São Matheus

A usina de reciclagem e compostagem de São Matheus foi projetada e construída baseada na concepção do processo DANO de compostagem.

Inaugurada em 1979, a usina está localizada na zona leste da cidade de São Paulo, na regional de São Matheus, projetada para processar um total de 800 t/d de resíduos domiciliares. Segundo relatório técnico da empresa ENGECORPS, s.d., a usina chegou a possuir os seguintes parâmetros de processamento: 5% dos resíduos são catados como resíduos recicláveis, 50% são convertidos em composto e os 45% restantes, rejeito.

A usina recebe resíduos sólidos domiciliares das administrações regionais de São Miguel Paulista, São Matheus, Itaquera, Vila Prudente, Penha, Perus e Guaianases.

A coleta é feita com caminhões compactadores e basculantes e a operação da unidade observa um regime de 16 horas por dia, 6 dias por semana.

A etapa de catação dos recicláveis e dos demais setores é feita por empregados contratados pela ENTERPA, empresa que administrava operacionalmente a usina em 1995. A prefeitura de São Paulo supervisiona o processo e promove a venda dos produtos (recicláveis e composto).

3.4.2.1Fluxograma e descrição das etapas de processamento

A usina de São Matheus foi construída em vários níveis, aproveitando a inclinação natural do terreno. Cada setor de trabalho está localizado num nível.

Descrevendo a usina em prédios e níveis, tem-se:

1. Prédio de vazamento: No nível mais alto encontra-se o pátio de descarga e as moegas de alimentação do processo.
2. Prédio da catação primária: Onde encontram-se as mesas de catação, no andar inferior ao prédio anterior. No andar inferior a este prédio estão as saídas dos dutos de descarga dos recicláveis, os transportadores de esteira dos ferrosos e a entrada dos bioestabilizadores.
3. Local dos bioestabilizadores: Liga os prédios da catação primária ao da separação secundária.
4. Prédio da separação secundária: Onde localizam-se as peneiras rotativas secundárias.
5. Prédio da linha de rejeito com catação secundária: Onde estão as linhas de rejeito, a saída para o terminal de composto.
6. No terminal de composto há uma saída para os rejeitos do composto.
7. Terminal de rejeito: Saída e depósito dos rejeitos da linha anterior.

Todo o processamento é dividido em quatro linhas paralelas. As linhas são identificadas pelos números um, dois, três e quatro. Para cada linha há uma moega de alimentação, uma mesa de catação, um eletroímã, um bioestabilizador e uma peneira rotativa. O transportador de correia que conduz o rejeito do processo ao seu terminal é comum com a saída de cada duas linhas. O processo está representado nas figuras 7 e 8.

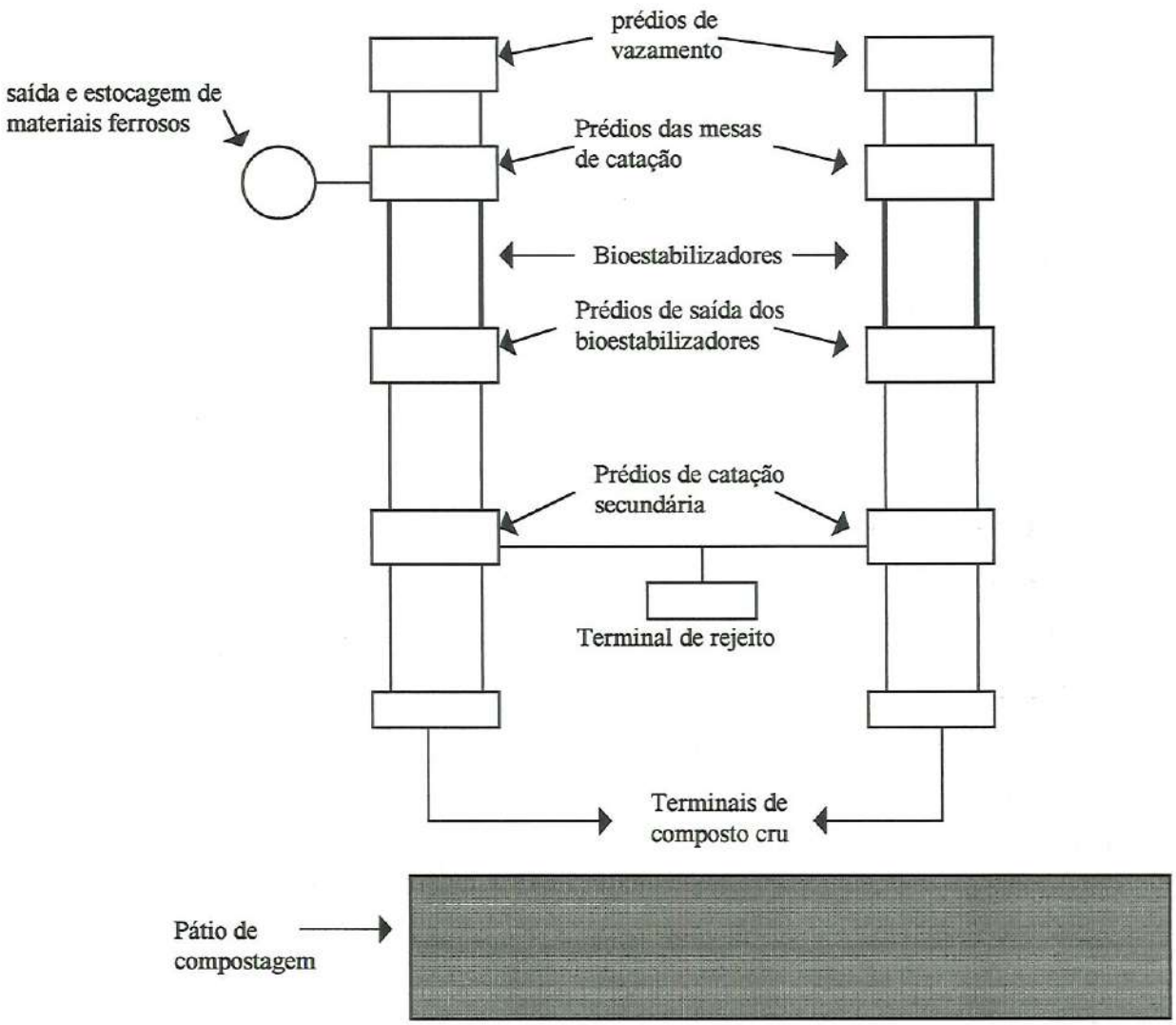


FIGURA 7 - Vista superior dos principais setores da usina de São Matheus - SP

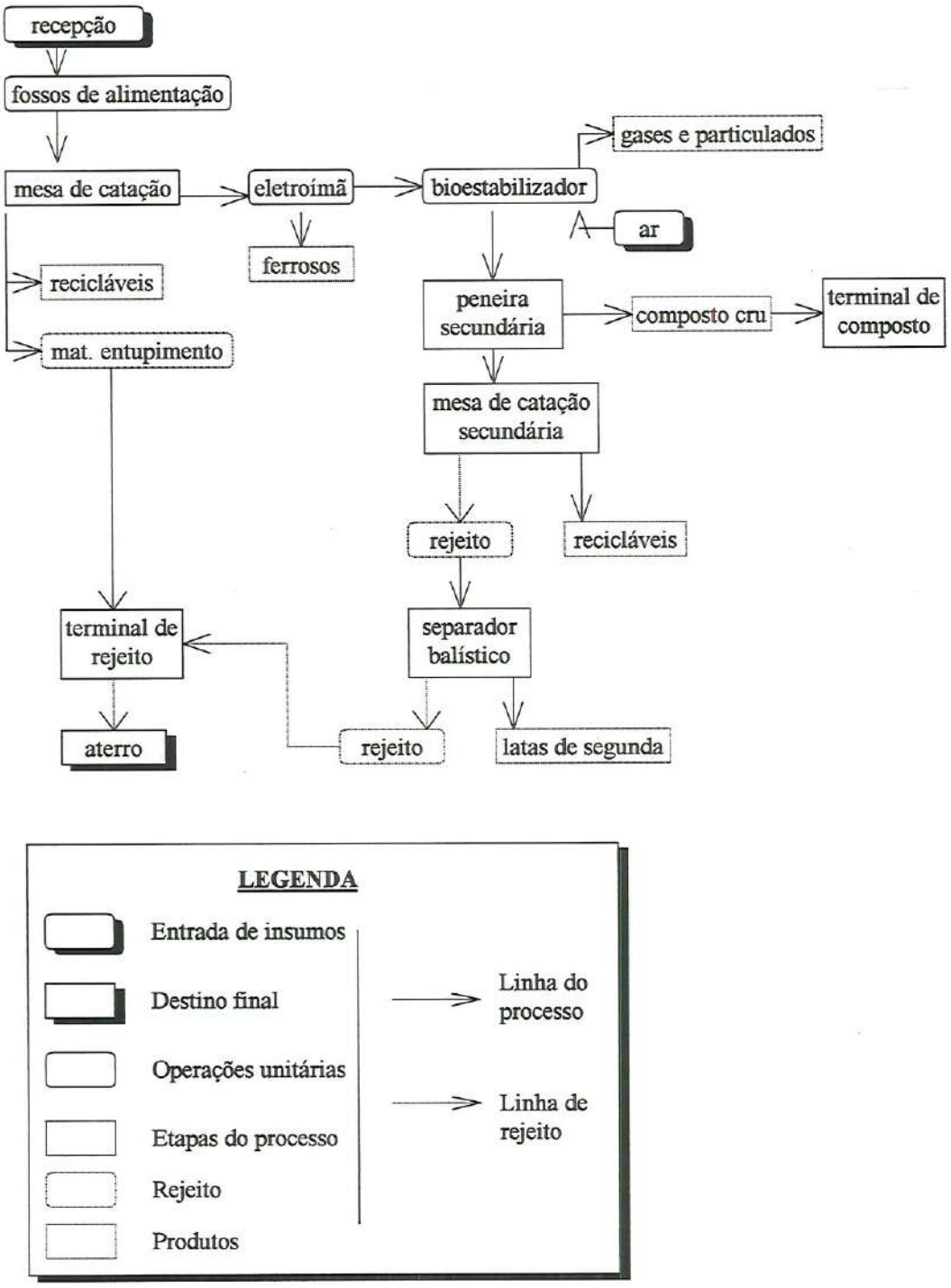


FIGURA 8 - Fluxograma do processo da usina de São Matheus - SP

3.4.2.1.1 Recepção

Descrição do processo: a recepção é o local de pesagem e de identificação dos caminhões. Os caminhões são pesados ao entrarem e saírem da usina, ou seja, antes e após o seu vazamento, respectivamente. A diferença entre esses valores equivale ao peso dos resíduos sólidos vazados na usina. Simultaneamente é feita a identificação do mesmo incluindo o número do caminhão, a empresa coletora e a área de coleta.

Descrição do setor: A pesagem é feita com o uso de 1 balança rodoviária eletrônica, com capacidade para 30 toneladas, interligada a um teminal de computador, onde estão cadastradas todas as informações referentes aos veículos que realizam a coleta regular dos resíduos domiciliares.

3.4.2.1.2 Pátio de descarga do lixo e moegas de alimentação do processo

Descrição do processo: O caminhão, após pesagem e identificação, é conduzido ao pátio de descarga dos resíduos sólidos. Este localiza-se na parte mais alta do terreno. A descarga dos resíduos é feita no próprio chão do pátio, próximo às moegas de alimentação do processo. São retirados os materiais grosseiros que podem danificar o chão movediço e/ou causar entupimento nas linhas do processo. Após esta triagem incial, os resíduos remanescentes são lançados nas moegas por meio de pá mecânica.

Descrição do setor: O setor constitui num pátio com quatro moegas de alimentação construídas abaixo do nível do chão do pátio. As moegas possuem na sua base transportadores de chapas articuladas que conduzem os resíduos sólidos continuamente para as mesas de catação primária. Cada fosso possui 2,10m de largura, 10,0 m de comprimento e 3,15 m de profundidade.

Há um empregado responsável pelo controle de descarga dos caminhões, registrando em planilha o número do caminhão e em qual moega os resíduos são lançados. Um outro empregado é responsável pela retirada de resíduos de grandes

dimensões que podem danificar os equipamentos ou causar entupimentos nas linhas de processo.

3.4.2.1.3 Linhas de catação

Descrição do processo: Os resíduos conduzidos pelo chão movediço da moega de alimentação caem na mesa de catação. Nesta ocorre a remoção manual de rejeitos e de resíduos recicláveis - garrafas de vidro inteiras; resíduos plásticos (PET e plástico duro); latas de alumínio; sucatas mistas; refugos; papelão. Os recicláveis são recolhidos em latões e dutos (chamados de dutos de descarga de recicláveis), de onde são removidos periodicamente e estocados em baias separadas por tipo de material.

Os resíduos ferrosos são retirados mecanicamente por um eletroímã.

Os refugos desta etapa são conduzidos para aterro.

Descrição do setor: As linhas de catação são formadas por transportadores de correia, ajustados a uma configuração plana, conhecidas como "mesas de catação". As mesas possuem 10m de comprimento por 0,76m de largura, e velocidade de 15m/minuto.

Os resíduos caem do chão movediço da moega diretamente na mesa de catação. No local de transferência dos resíduos há um sistema de rasgamento de sacos plásticos e um regularizador de nível dos resíduos.

Existem quatro mesas de catação, constituindo quatro linhas de processo. Essas mesas são situadas em duas salas de catação, duas mesas por sala.

Em cada mesa ficam quatro empregados - perfazendo um total de dezesseis empregados por turno - responsáveis pela remoção manual de recicláveis e rejeitos. Os empregados retiram os seguintes resíduos na seqüência: o 1° empregado - garrafas de vidro inteiras e resíduos plásticos (PET); o 2° empregado - latas de alumínio, sucatas mistas e refugo; o 3° empregado - refugo; o 4° empregado - papelão e refugos.

Os refugos são grandes sacos fechados que podem causar entupimentos nos bioestabilizadores.

Em cada esteira de catação existem quatro dutos de coleta e armazenamento, nos quais são lançados os recicláveis catados (PET, papelão) e o refugo. Os demais recicláveis são estocados em latões localizados ao redor de cada empregado.

Os recicláveis ferrosos são removidos por eletroímãs suspensos, localizados no final das mesas de catação, e transferidos automaticamente, por meio de dutos, para uma correia transportadora que os descarrega no terminal de ferrosos.

Após o eletroímã, os resíduos remanescentes alimentam os bioestabilizadores, por meio de um duto.

3.4.2.1.4 Saída dos dutos de descarga dos recicláveis

Descrição do processo: Os dutos são enchidos com recicláveis e os refugos separados no processo de catação e descarregados periodicamente em um caminhão basculante que circula internamente na usina. Os caminhões descarregam os recicláveis, por categoria, em suas respectivas baias de estocagem. Os refugos, retirados das mesas de catação, são misturados aos rejeitos do processo e conduzidos ao aterro.

Descrição do setor: As entradas dos dutos de descarga iniciam nas salas das mesas de catação e suas saídas, algumas suspensas e outras laterais, terminam no piso inferior a esta sala. As saídas possuem portas que ficam fechadas até a lotação dos dutos e só são abertas para a descarga.

A descarga dos dutos é feita com o uso de um caminhão basculante, uma pá mecânica e um empregado. Cada duto é esvaziado em separado.

Nas saídas suspensas (dutos dos refugos e dos papelões), os resíduos são descarregados diretamente na caçamba do caminhão.

Nas saídas laterais (dutos de PET), os resíduos são lançados ao chão e transferidos para o caminhão, com o auxílio da pá mecânica.

Os resíduos recicláveis são conduzidos às baias de estocagem onde são descarregados. Os refugos são misturados ao rejeito do processo e conduzidos ao aterro.

3.4.2.1.5 Ponto de descarga dos materiais ferrosos

Descrição do processo: Os resíduos ferrosos recolhidos pelos eletroímãs nas mesas de catação são conduzidos por meio de um transportador de correia para o ponto de descarga, chamados de "latas de primeira". Alguns sacos plásticos fechados e de pequeno volume são carregados junto com as latas.

Os sacos plásticos fechados são considerados rejeitos e um empregado que permanece no setor os separa e destina ao setor de rejeito do processo.

Periodicamente, as latas são transferidas para as baias de estocagem, por meio da pá mecânica e de caminhão basculante.

Descrição do setor: Na extremidade final da esteira transportadora existem duas ramificações que direcionam os resíduos ferrosos para a direita ou para a esquerda, conforme o enchimento das baias de descarga. A direção é determinada pelo empregado que fica no local e que opera manualmente a chapa defletora.

O ponto de descarga está situado na lateral externa do prédio de catação.

3.4.2.1.6 Bioestabilizadores ou sistemas de digestão acelerada

Descrição do processo: Os resíduos provenientes da mesa de catação, após toda a etapa de triagem, alimentam os bioestabilizadores. São destinados resíduos orgânicos putrescíveis e inertes (recicláveis e não recicláveis) para o interior do mesmo.

A descrição do processo foi feita no capítulo 3 item 3.3.4.1.

Descrição do setor: O sistema de digestão acelerada compreende o uso de quatro bioestabilizadores do processo DANO.

Os bioestabilizadores ficam posicionados horizontalmente em relação ao solo, expostos ao ar livre, ligando os prédios das mesas de catação ao prédio das peneiras secundárias, pelas suas extremidades, e sobre os rolamentos.

Cada mesa de catação alimenta continuamente um bioestabilizador. A alimentação só cessa quando há a paralisação da mesa de catação ou da alimentação do processo. A entrada dos resíduos nos bioestabilizadores é feita por meio de duto

que liga o final de cada mesa de catação a uma abertura localizada na parte superior do bioestabilizador.

3.4.2.1.7 Saída do bioestabilizador, peneiramento

Descrição do processo: Após o período de digestão da matéria orgânica putrescível nos bioestabilizadores, o composto cru e os inertes são liberados continuamente numa peneira rotativa. Os resíduos de granulometria superior à malha da peneira são conduzidos para um transportador de correia, que constitui a linha de rejeito do processo. Os resíduos de granulomentria inferior à malha da peneira são conduzidos por transportador de correia ao terminal de composto.

Descrição do setor: As saídas de cada dois bioestabilizadores estão localizadas numa sala, em um prédio de quatro andares.

No andar superior estão as saídas dos bioestabilizadores. É neste local que ocorrem os desentupimentos dos mesmos, por um empregado que permanece no local.

Nesta sala há o sistema de insuflamento de ar, um para cada bioestabilizador.

Os resíduos saem dos bioestabilizadores e caem diretamente nas peneiras rotativas, localizadas no andar seguinte.

Nas peneiras rotativas ocorre a separação do composto cru (contendo inertes de pequenas dimensões) dos inertes de grandes dimensões. Estes inertes caem, por meio de dutos, no transportador de correia, que constitui a linha de rejeito. Cada linha de rejeito é comum a duas peneiras rotativas.

O composto cru, contendo inertes de pequenas dimensões, cai num transportador de correia inclinado que os conduz ao terminal de composto.

3.4.2.1.8 Linhas e terminais de rejeito

Descrição do processo: As linhas de rejeito transportam os resíduos inertes de grandes dimensões, separados na peneira rotativa descrita no item anterior, ao terminal de rejeito.

Antes do final desta linha, há um posto de catação no qual um empregado retira resíduos recicláveis, chamados de "recicláveis de segunda", formados por PET, plástico duro, latas não ferrosas, latas de alumínio, sucata mista. A separação é feita em latões colocados no piso inferior ao posto.

No final da linha de rejeito, há uma polia magnética que separa os resíduos ferrosos dos demais resíduos fazendo com que caiam em baias específicas.

Descrição do setor: As linhas de rejeito são os transportadores de correia em configuração plana, comuns às saídas de cada duas peneiras rotativas. No total são duas linhas de rejeito e para cada uma há um empregado para separar os "recicláveis de segunda".

As linhas de rejeito finalizam em um ponto comum de descarga, chamado de terminal de rejeito. No final das esteiras transportadoras há dutos, que conduzem os resíduos para as respectivas baias de estocagem, e um sistema divisor de fluxo que é acionado manualmente por meio de chapa defletora, direcionando os resíduos para a direita ou esquerda, conforme a lotação das baias.

No final das esteiras transportadoras há uma polia magnética, que separa e direciona a queda dos resíduos ferrosos para o duto mais afastado, fazendo com que caiam na última baia. O que não é metal ferroso cai no primeiro duto e na baia mais central.

3.4.2.1.9 Terminal de composto

Descrição do processo e do setor: Sob a peneira rotativa está o transportador de correia que recolhe os resíduos peneirados (composto cru e inertes de pequenas dimensões), conduzindo-os ao terminal de composto.

O transportador de correia é inclinado de forma a ajudar na separação dos inertes da massa de composto cru. Os resíduos como tampas de refrigerantes, cacos de vidros, pedras etc., por serem mais pesados do que as partículas de composto, rolam em contrafluxo, na correia transportadora, caindo em local específico para seu posterior descarte. São chamados de "rejeitos do composto".

O composto cru cai do final do transportador de correia formando uma pilha no chão do terminal de composto. Ele é vendido neste estado e os compradores são os responsáveis pela sua maturação.

3.4.2.1.10 Distribuição da mão-de-obra

A distribuição da mão-de-obra da usina de São Matheus está apresentada nas tabelas 18, 19, 20, 21 e 22. Na catação de recicláveis, cada empregado retira de 1 até 2 tipos de resíduos. As latas são retiradas pelo eletroíma que existe na esteira de catação.

TABELA 18 - Distribuição da mão-de-obra da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus (1995)

Setores	Mão-de-obra	Setores	Mão-de-obra
Recepção do lixo	3	Bioestabilizador	2
Vazamento do lixo	3	Peneira secundária	4
Esteira de catação	4	Separador balístico	4
Pátio de compostagem	6	Baias de reciclagem e estocagem de recicláveis	12
Peneiramento do composto	2	Manutenção	18
Total	**18**	**Total**	**40**

TABELA 19 - Distribuição da mão-de-obra do setor de administração da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus (1995)

Setor de administração	Total
Encarregado administrativo	1
Auxiliar administrativo de pessoal	1
Auxiliar administrativo	2
Auxiliar de almoxarifado	3
Técnico de segurança	1
Vigilante líder	1
Vigilantes	9
Total	**18**

TABELA 20 - Distribuição do setor de produção da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus

Setor de produção	Total
Coordenador de unidade	1
Encarregado de produção	2
Fiscais	2
Recebedor	3
Operador de pá mecânica	6
Operador de painel	2
Motorista	11
Borracheiro	3
Lubrificador de veículos	1
Mecânico de veículos	2
Serventes	70
Total	**103**

TABELA 21 - Distribuição da mão-de-obra do setor de apoio da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus (1995)

Setor de apoio	Total
Pedreiro	1
Serventes	6
Total	7

TABELA 22 - Distribuição da mão-de-obra do setor técnico de manutenção e montagem da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus (1995)

Equipe técnica de manutenção e montagem	Total
Engenheiro mecânico de produção	1
Técnico em manutenção	1
Encarregado de mantutenção	1
Mecânicos de manutenção e Montagem	4
Oficial mecânico	1
Ajudante de oficina	1
Soldadores	2
Eletricista	2
Ajudante de eletricista	1
Pintor	1
Ajudante de eletricista	1
Pintor	1
Ajudante de pintor	1
Lubrificador	1
Ajudante de lubrificador	1
Total	**20**

3.4.3 Usina de Vitória

A usina de reciclagem e compostagem de Vitória é uma usina de pequeno porte, com utilização de tecnologias simplificadas para o processamento dos resíduos. O processo de compostagem é o de Pilhas Estáticas Aeradas - com aeração forçada.

A usina custou US$ 1,8 milhão à prefeitura de Vitória e teve suas obras iniciadas em fevereiro de 1988, através de um empréstimo junto ao Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), na ordem de U$ 830 mil. A usina foi construída sobre o antigo lixão de Vitória, e inaugurada em 8 de setembro de 1990, com capacidade nominal de processamento de 320 toneladas diárias de resíduos sólidos domicilares.

A produção média diária de lixo domiciliar em Vitória é de 240 toneladas, e sua caracterização apresenta cerca de 30% de material reciclável e 70% de material orgânico putrescível.

Os resíduos processados na usina são provenientes de áreas residenciais do município de Vitória, coletados com caminhões compactadores. O porto de Tubarão e a Companhia Vale do Rio Doce encaminham os resíduos gerados nos seus refeitórios e escritórios, previamente selecionados, para a usina.

A usina possui dois turnos de trabalho, totalizando 8 horas de funcionamento por dia, de segunda a sexta, e meio-expediente aos sábados.

A mão-de-obra utilizada no processo é composta por catadores que trabalhavam no antigo lixão. Esses catadores criaram um sindicato dos catadores de lixo que, através de um contrato renovado anualmente, fornece a mão-de-obra para a usina. A administração da usina é responsável, dentre outras atribuições, pela manutenção dos equipamentos, venda dos recicláveis (feita por licitação pública) e pagamento da mão-de-obra contratada.

3.4.3.1 Fluxograma e descrição das etapas de processamento

O processamento dos resíduos sólidos pode ser dividido em duas etapas: a etapa de produção de resíduos recicláveis e a etapa de compostagem da matéria orgânica.

A usina é constituída pelos setores de recepção, vazamento; reciclagem primária, terminal de composto orgânico, pátio de compostagem, beneficiamento do composto. Em cada um destes setores ocorrem as etapas do processo que serão descritas mais adiante.

O processamento dos recicláveis até o terminal de composto ocorre em duas linhas paralelas. O processo será descrito segundo a figuras 9 e 10.

A usina possui os seguintes setores:

1. Setor de pesagem: Onde fica a balança para pesagem dos caminhões
2. Prédio contendo o fosso de recebimento, mesas de catação, mesas de separação dos recicláveis por categoria e saída para compostagem: esses quatro setores localizam-se no mesmo prédio.
3. Galpão de Recicláveis: O galpão de recicláveis fica anexo ao prédio anterior. É coberto e abriga os fardos de papel e papelão. Próximo dele ficam os demais resíduos recicláveis estocados em pilhas.
4. Pátio de compostagem: O pátio de compostagem possui áreas para compostagem, maturação do composto e depósito de composto maturado.
5. Setor de beneficiamento do composto: Neste setor é feito o peneiramento do composto. Há as peneiras rotativas, várias saídas para as diversas granulometrias do composto e para o rejeito.

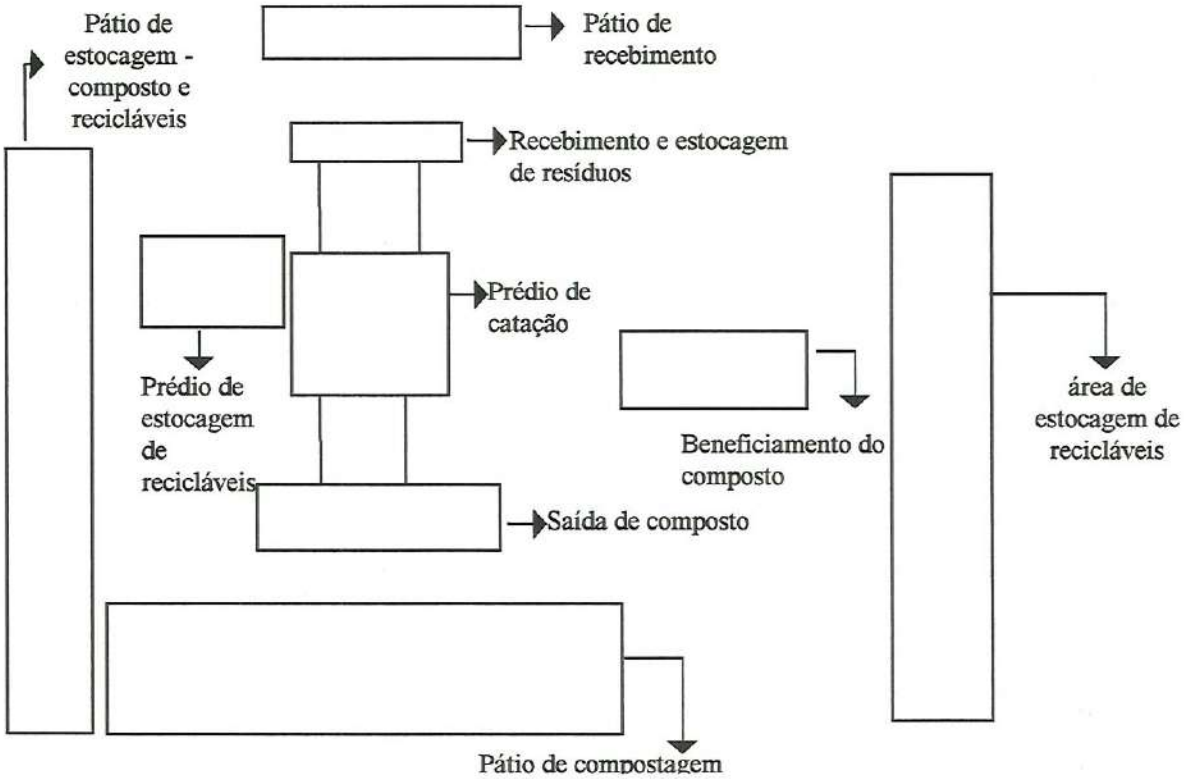


FIGURA 9 - Vista superior dos principais setores da usina de reciclagem e compostagem de Vitória - ES

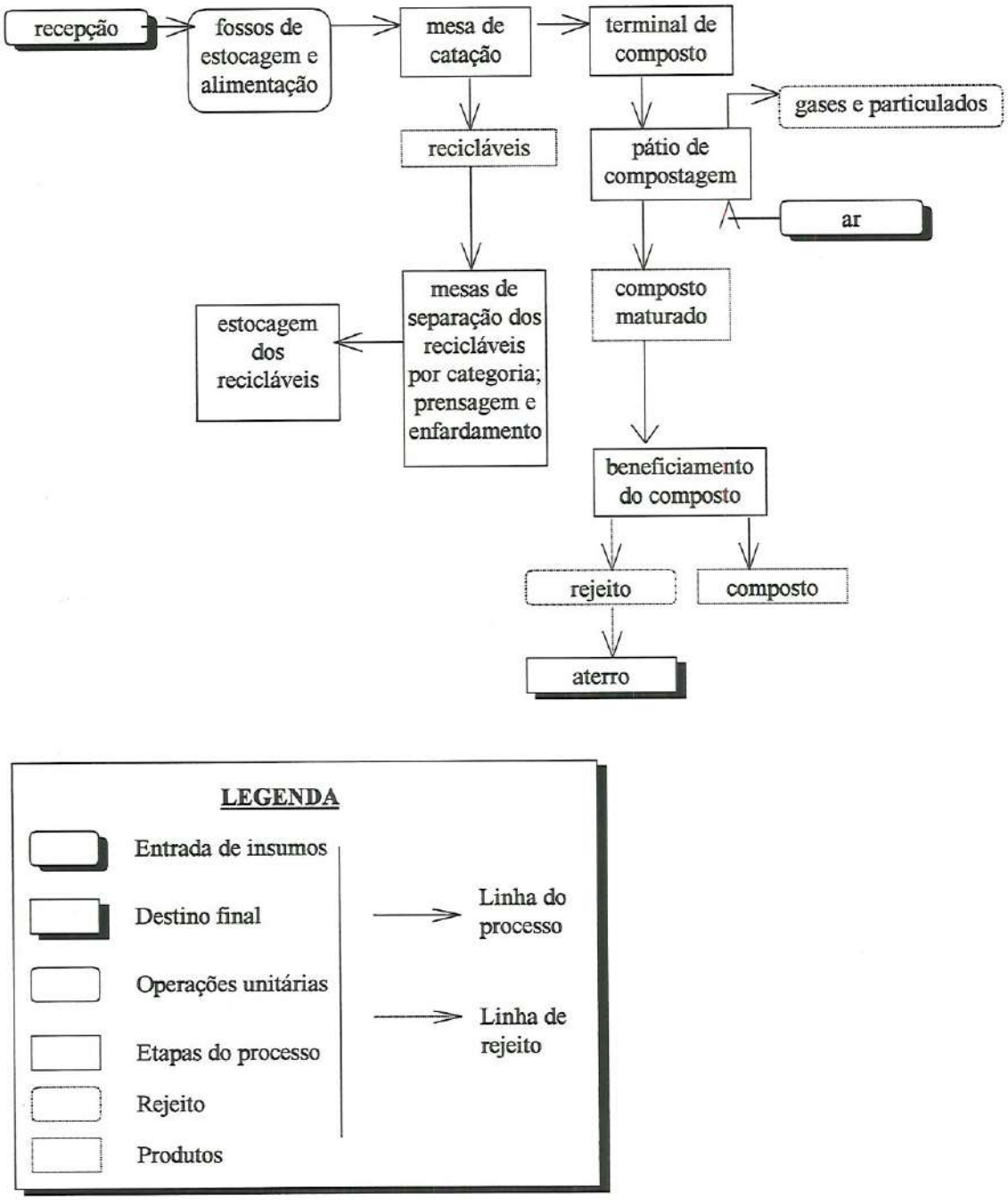


FIGURA 10 - Fluxograma do processo da usina de reciclagem e compostagem de Vitória-ES.

3.4.3.1.1 Recepção

Descrição do processo: a recepção é o local de pesagem e de identificação dos caminhões. Os caminhões são pesados ao entrarem e saírem da usina, ou seja, antes e após o seu vazamento, respectivamente. A diferença entre esses valores equivale ao peso dos resíduos sólidos vazados na usina. Simultaneamente é feita a identificação do mesmo incluindo o número do caminhão, a empresa coletora e a área de coleta.

3.4.3.1.2 Vazamento dos resíduos (fosso de estocagem e moegas de alimentação dos resíduos)

Descrição do processo: Os caminhões descarregam os resíduos domiciliares nos fossos de estocagem. Os resíduos são transferidos para as moegas de alimentação por meio do transportador com garras tipo pólipo. Os resíduos passam da moega diretamente para um tambor revolvedor.

O tambor revolvedor tem a função de homogeneizar e de nivelar a altura dos resíduos que são conduzidos para a mesa de catação. Além disso, possui garras metálicas para o rasgamento dos sacos plásticos.

Na saída do tambor revolvedor, ficam localizados dois catadores com as funções de rasgarem os sacos plásticos que permanecem fechados, e de remover os resíduos que são considerados rejeito no processo (principalmente os cocos devido à sua difícil decomposição durante o processo de compostagem; tecidos; pedaços de madeira; objetos de grandes dimensões etc.).

Descrição do setor: O setor é constituído por dois fossos de estocagem e duas moegas de alimentação associadas a dois tambores rotativos, e um transportador com garras tipo pólipo para transporte dos resíduos.

3.4.3.1.3 Esteira de catação

Descrição do processo: Após o tambor revolvedor, os resíduos são conduzidos por um transportador de correia inclinado e ascendente, que posteriormente adquire o perfil plano tornando-se, então, a mesa de catação.

Na mesa de catação ocorre a remoção manual de resíduos recicláveis. A remoção é feita por 56 empregados, e os resíduos retirados do processo são: plásticos, metais, papel, papelão, vidro. Esses resíduos removidos são lançados, através de dutos, para o andar inferior onde são separados por categorias.

Os resíduos remanescentes são conduzidos para um moinho e um eletroímã que encontravam-se desativados. Após o eletroímã, os resíduos caem num transportador de correia com inclinação ascendente, que os conduz para o terminal de composto.

Descrição do setor: O setor de catação é constituído por duas linhas de processamento, e cada linha possui uma mesa de catação, dutos de transporte de resíduos recicláveis, um moinho, um eletroímã suspenso. Na saída dos dutos há latões para recebimento dos resíduos recicláveis que, quando cheios, são levados para as mesas de separação dos recicláveis por categoria.

3.4.3.1.4 Terminal de composto

Descrição do processo: Os resíduos remanescentes das mesas de catação são conduzidos pelos transportadores de correia com inclinação ascendente até o terminal de composto. Estes resíduos contém matéria orgânica putrescível e inertes. São transferidos, com o auxílio de pá mecânica e caminhão basculante, para o pátio de compostagem.

Descrição do setor: O terminal de composto é o local onde os resíduos caem do transportador de correia, formando pilhas no chão do pátio, para serem transportados para o pátio de compostagem.

3.4.3.1.5 Segregação dos recicláveis, prensagem e estocagem

Descrição do processo: Os recicláveis transportados pelos dutos das mesas de catação são recolhidos em latões e transferidos para as mesas de separação de recicláveis por categoria. Nessas mesas, os resíduos recicláveis são separados em: papel (papel arquivo, papel misto, papel jornal, papelão); plásticos (plástico filme de alta densidade, plástico filme de baixa densidade com rótulo, plástico filme de baixa densidade sem rótulo, poliestireno, poletileno de baixa densidade, sucata plástica, PVC garrafa/tubo, PVC melissa, potes de margarina, polipropileno, polietileno de alta densidade, frasco de soro, PET); metais ferrosos (latas, sucata pesada, sucata ferrosa mista); metais não ferrosos (alumínio duro, alumínio mole, marmitex, latas de alumínio, cobre encapado, cobre limpo, antimônio, metal, bateria, raios X, refugo metálico); vidro (vidro caco escuro, vidro caco claro, vidro peça); pneu, seringa descartável.

Alguns resíduos como plásticos, papel, papelão, são prensados e enfardados. Os fardos são estocados em pátios - pátio coberto para papel e papelão; pátio aberto para plásticos. Os demais tipos de resíduos encontram-se estocados a granel, em pilhas cônicas nos pátios abertos.

Descrição do setor: O setor possui mesas de madeira separadas para cada tipo de material a ser segregado, três prensas e latões para recolhimento e transporte dos recicláveis triados.

3.4.3.1.6 Pátio de compostagem

Descrição do processo: Após o terminal de composto, os resíduos são transferidos para o pátio de compostagem, por meio de pá mecânica e caminhão basculante. No pátio, são dispostos em leiras, com perfil de formato triangular, e seguem o processo de compostagem de Leiras Estáticas Aeradas, descrito no capítulo 3 item 3.2.3.2.3.

O processo é monitorado pela medição de alguns parâmetros - temperatura, teor de umidade, pH, teor de carbono total e carbono orgânico.

Antes da liberação do composto para o mercado consumidor, são feitas as seguintes determinações periódicas: umidade (duas vezes por semana); matéria orgânica e pH (duas vezes por semana), fertilizantes corretivos (uma vez a cada dois meses); microbiológico (uma vez a cada três meses); metais pesados (uma vez a cada seis meses).

Descrição do setor: O pátio de compostagem é uma extensa área destinada para a compostagem da matéria orgânica pelo processo de leiras estáticas com aeração forçada. O pátio é dividido em áreas, a saber: área de compostagem com aeração; área de maturação do composto; e área com composto maturado e peneirado.

3.4.3.1.7 Beneficiamento do composto

Descrição do processo: Após o processo de compostagem, o composto é transferido para o setor de beneficiamento do composto para ser peneirado.

O composto contendo inertes é conduzido do pátio de maturação para o setor de beneficiamento por meio de caminhão basculante e pá mecânica. O composto é peneirado primeiro na peneira rotativa. O material não peneirado é considerado o rejeito grosso de todo o processamento dos resíduos na usina. O material que foi peneirado (composto e inertes de menor granulometria) é conduzido para a peneira vibratória. Nesta etapa há a produção de composto com duas granulomentrias diferentes, chamados de composto grosso e composto fino, e a produção de rejeitos.

Todo o rejeito produzido é transferido para aterro. O composto peneirado é estocado para venda, em pilhas e a céu aberto.

Descrição do setor: O setor possui uma peneira rotativa e uma peneira vibratória para peneiramento do composto.

3.4.3.1.8 Distribuição da mão-de-obra

A distribuição da mão-de-obra da usina de Vitória é dada pela tabela 23, apresentada a seguir.

TABELA 23 - Distribuição geral da mão-de-obra masculina e feminina da usina de reciclagem e compostagem de Vitória (1995)

Setores	Homens	Mulheres
Fosso de recepção	1	***
Boca do tambor revolvedor	8	***
Mesa de papéis e papelão	5	***
Mesa de plástico filme	2	8
Prensas	5	***
Carregadores	3	***
Mesa de vidro	1	***
Mesa de metais	3	2
Mesa de plástico rígido	4	2
Transporte de fardos	1	***
Vestiários	1	***
Compostagem	1	***
Pulverização	1	***
Limpeza da área externa	2	2
Manutenção	2	***
Elevatória	4	***
Sindilixo	2	1
Linhas de catação	2	54
Administração	10	***
Manutenção	15	***
Total	**73**	**68**

3.4.4 Características das áreas de abrangência das usinas estudadas

As usinas estudadas estão localizadas em cidades cujas características sócio-econômicas e climáticas são bem diferentes. Tais características são bastante influentes na geração de resíduos domiciliares e na caracterização destes resíduos.

A seguir, estão relacionados as principais caracterísiticas sócio-econômicas e climáticas das regiões fornecedoras de resíduos sólidos domiciliares para as usinas estudadas.

- Usina de Vitória

O Município de Vitória possui uma área de 81km^2, equivalente a 0,18% do território estadual. O clima é tropical úmido, caracterizado por temperaturas variáveis, atingindo a média mensal das máximas 30,4°C. A maior ocorrência de chuvas se dá nos meses de outubro e janeiro.

O lixo destinado à usina de Vitória é coletado em todo o Município de Vitória. Algumas indústrias enviam o seu lixo reciclável, provenientes dos escritórios e dos refeitórios, em separado.

Segundo os dados do anuário estatístico do Espírito Santo, 1980-1989, apresentam os seguintes dados:

a) residem na zona urbana de Vitória 71,31% da população do total da Grande Vitória, com taxa de crescimento anual de 2%.
b) prevalecem os estabelecimentos comerciais varejistas com 86,85%, em relação aos atacadistas.
c) os estabelecimentos industriais totalizam 739, sendo os de maior número, os do gênero da Construção Civil, com 226 estabelecimentos, os de produtos alimentares, com 121 estabelecimentos, os de mecânica, 53, e os de editorial e gráfica com 42, totalizando 59,8% do total de estabelecimentos instalados.
d) a participação do município de Vitória na arrecadação do ICMS é de 53,16%. A arrecadação total dos impostos - ICMS, IPI, IPVA, ISS, IPTU - em 1991, foi de US$ 112.957.380,24.

A coleta do lixo de Vitória atende a 84,30% dos domicílios identificados e 15,70% dos domicílios restantes queimam, enterram, lançam os seus lixos em terrenos baldios, nos rios, lagos, mar ou outros locais não identificados.

- Usina de Jacarepaguá

Os resíduos sólidos destinados à usina de Jacarepaguá são estritamente domiciliares e provenientes da zona oeste da cidade, dos bairros da Barra da Tijuca, Recreio dos Bandeirantes e Jacarepaguá.

A cidade do Rio de Janeiro é dividia, para fins administrativos, em áreas de planejamento (AP), regiões administrativas (RA) e bairros. São cinco áreas de planejamento, cada uma contendo várias regiões administrativas que, por sua vez, contém diversos bairros. Os bairros da Barra da Tijuca e Recreio dos Bandeirantes estão ligados à AP 4, e o bairro de Jacarepaguá, ligada à AP 5.

O Município do Rio de Janeiro, abrangendo pouco menos de 3% da área total do Estado, abriga quase 50% de sua população (seis milhões de habitantes com área total construída de 130 milhões de m^2), conferindo-lhe elevada taxa de densidade demográfica, superior a 4.000 hab/km^2.

Segundo o IplanRIO (1994), houve um aumento da temperatura e do índice pluviométrico na última década, e os últimos 30 anos representaram o período mais quente. A divisão das estações do ano são assim consideradas: verão (janeiro, fevereiro e março); outono (abril, maio e junho); inverno (julho, agosto e setembro), e primavera (outono, novembro e dezembro). Em relação ao regime pluvial, é mais coerente considerar, sazonalmente, apenas duas estações: estação chuvosa (novembro a abril), e estação seca (maio a outubro).

Segundo dados do IplanRIO (1994), as áreas de coleta da usina de Jacarepaguá, no Rio de Janeiro são tipicamente rurais com tendências de crescimento populacional. A densidade populacional é baixa, com cerca de 1,26% em relação à população do município do Rio de Janeiro. A arrecadação do ICMS correspondeu a 0,56% do total arrecadado pelo Município. Além disso:

a) 11,6% da população do Município residem na área de coleta da usina de Jacarepaguá, apresentando densidade populacional baixa, de cerca de 57,3 hab/km^2.
b) 2,32% dos hospitais do Município estão localizados nesta região;
c) 14,62% das indústrias do Município estão localizadas nesta região;
d) 13,28% do comércio do Município estão localizadas nesta região.

- Usina de São Matheus

O Município de São Paulo possui 1.509km^2, dos quais 900km^2 constituem a zona urbana, e é dividido em 58 regionais, das quais 6 regionais destinam o seu lixo para a usina de São Matheus.

As áreas de coleta da usina de São Matheus, em São Paulo, caracterizam-se por serem basicamente domiciliares, provenientes da zona leste de São Paulo, das regionais de Guaianazes, São Matheus, Itaquera, São Miguel Paulista, Penha e Vila Prudente. Tais regionais possuem as seguintes características:

a) as regionais de Itaquera, São Matehus e Guaianazes apresentam densidade populacional entre 5.001 a 10.000 hab/km^2; as regionais de Penha e Vila prudente apresentam 10.001 a 15.000 hab/km^2; as regionais de São Miguel Paulista apresenta entre 15.001 a 20.000 hab/km^2.
b) quanto à distribuição de renda para as regionais de Itaquera, São Matheus, Guaianazes e São Miguel Paulista são estabelecidos uma cota de até dez salários mínimos, em média, por família; para as regionais de Penha e Vila Prudente são estabelecidos de 10,1 a 15 salários mínimos por família.
c) a taxa de emprego corresponde a 0,5 emprego por habitante em todas as regionais.
d) todas as regionais são consideradas basicamente residenciais.

3.5 OS RISCOS E OS AGENTES DE RISCO À SAÚDE DO TRABALHADOR

Segundo a legislação de Segurança, Higiene e Medicina do Trabalho, lei 6.514 de 22/12/77 e a portaria 3214 de 8/6/78, a NR 9 define que os ambientes de trabalho podem conter um ou mais fatores ou agentes que, dentro de certas condições, irão causar danos à saúde do pessoal. Estes fatores são denominados de riscos ambientais.

Os riscos ambientais são considerados como os agentes agressivos, físicos químicos e biológicos que possam trazer ou ocasionar danos à saúde do trabalhador,

nos ambientes de trabalho, em função de sua natureza, concentração, intensidade e tempo de exposição ao agente.

Os agentes de riscos são assim definidos:

- Agentes Físicos: ruídos, vibrações, calor, frio, pressões anormais, radiações ionizantes, radiações não ionizantes, iluminação, umidade.
- Agentes Químicos: névoas, neblinas poeiras, fumos, gases, vapores.
- Agentes Biológicos: são os microrganismos como bactérias, fungos, parasitas, bacilos e vírus, presentes em determinadas atividades profissionais.

Segundo a referida legislação, as atividades com o lixo urbano (coleta e industrialização), envolvem agentes biológicos e a insalubridade é considerada de grau máximo.

Para que os agentes de riscos possam causar danos à saúde dos trabalhadores, estes agentes deverão estar inter-relacionados, considerando-se:

- Tempo de exposição: quanto maior o tempo de exposição, de contato, maiores são as possibilidades de se desenvolver um dano à saúde e vice-versa.
- Concentração do contaminante no ambiente: quanto maiores as concentrações, maiores as chances de aparecerem problemas.
- Substâncias tóxicas: algumas substâncias são mais tóxicas que outras se comparadas em relação a uma mesma concentração.
- Estado em que o contaminante se encontra: o contaminante pode apresentar-se nos estados gasoso, líquido ou sólido, ou nas formas de neblina ou de poeira, que estarão relacionados com a forma de entrada no organismo humano (por inalação, por via cutânea ou por ingestão).
- Absorção das substâncias: algumas substâncias só são capazes de entrar no organismo por inalação ou pela pele.

3.5.1 Saúde dos trabalhadores da área de tratamento e manejo de resíduos sólidos domiciliares

O lixo é preferencialmente uma via indireta de transmissão de doenças ao homem, tendo em vista os agentes patogênicos resistirem pouco ao meio exterior. As principais vias indiretas de contato entre o homem e o lixo e, portanto, de contaminação do homem, são:

- contaminação dos lençóis subterrâneos, riachos e solo pelo percolado;
- fumaça da queima de monturos;
- proliferação de vetores biológicos e de roedores, responsáveis pela transmissão de inúmeras doenças ao homem, como leishmaniose, filariose, salmonelose, giardíase, leptospirose e febre tifóide, entre outras infecções.
- animais que se alimentam do lixo, como o porco por exemplo, podendo contrair infecções tais como a cisticercose e a triquinose, e transmiti-las ao homem pela ingestão de sua carne.

O Serviço de Saúde Pública dos Estados Unidos da América identificou 22 doenças humanas que podem ser associadas aos resíduos sólidos domiciliares, dentre outras, febre tifóide, cólera, disenterias, peste bubônica, que podem ser transmitidas ao homem por meio de insetos, roedores e outros animais que freqüentam o lixo.

Entretanto, pode-se saber que uma doença específica está associada com portadores específicos (pulgas, ácaros, moscas, baratas, ratos), mas raramente pode-se afirmar com certeza que uma pessoa que acabou de morrer recebeu sua doença fatal de um inseto que foi alimentado por monturo de lixo conhecido (SEWEL[27] apud LEITE, 1990).

Nas áreas de tratamento, manejo e destinação final dos resíduos sólidos domiciliares existem alguns trabalhos que tentam correlacionar os perfis de doenças encontradas nos trabalhadores e as atividades que desenvolvem.

---

[27] SEWEL, GRANVILLE H. Administração e controle da qualidade ambiental - Tradução Gildo Magalhães dos Santos Filho. São Paulo; EPU; Editora da Universidade de São Paulo; Cetesb. 1978.

LEITE et. al. (1990) estudaram os aspectos epidemiológicos com catadores do lixão de Aracaju, em Sergipe - Brasil. Realizaram exames clínicos e laboratoriais e concluíram que o perfil mórbido da população catadora apresentava um quadro menos grave do que supunham, no que se referia ao estado nutricional e anêmico. Quanto às infecções por parasitas intestinais, a situação encontrada confirmou as expectativas negativas.

Segundo os exames clínicos, os catadores não apresentavam quadro de anemia pronunciada, nem de desnutrição ou descuido com a aparência e asseio corporal. O peso e a altura estavam compatíveis com o desenvolvimento físico normal. Os exames laboratoriais, Sumário de Urina e o VDRL (Venereal Disease Research Laboratory), nada apresentaram de anormal que pudesse ser correlacionado ao objeto de estudo. O Hemograma Completo revelou um elevado número de leucócitos, sem, contudo, encontrar patologias que pudessem ser correlacionadas a ele, exceto o aumento de eosinófilos que pode ser justificado pelas parasitoses intestinais presentes em toda a comunidade catadora, e a linfocitose que, provavelmente, se constitui em uma resposta do sistema de defesa do organismo ao ambiente séptico do lixão.

Quanto ao Parasitológico de Fezes, detectou-se que os catadores apresentavam-se infectados por parasitas intestinais, em número médio de quatro tipos diferentes de parasita por pessoa, havendo predomínio dos helmintos, o que significava, em média, mais do que o dobro da quantidade encontrada na população sergipana. A tabela 24 ilustra esse quadro epidemiológico.

Na área de coleta de resíduos domiciliares, RUBBO (1983) analisou 100 fichas cadastrais de trabalhadores da coleta de lixo de Porto Alegre, e constatou que as moléstias mais freqüentes contraídas nestes serviços foram: psicoses em geral, gripes, gastroenterites, lombalgias, dermatoses, abscessos, contusões, ferimentos em geral. Ele considerou os abcessos e as dermatoses como as doenças provenientes diretamente do manuseio do lixo domiciliar, e correspondiam a 4% e 8%, respectivamente, sendo os 88% dos casos restantes associadas ao tipo de serviço realizado. A tabela 25 apresenta esses os dados.

TABELA 24 - Incidência de Parasitas - Quadro Comparativo entre a população catadora de lixo do lixão da Terra Dura e a população do Estado do Sergipe (1989).

Parasitas	População catadora (%)	População Sergipana (%)	Diferença para mais (%)
Protozoários			
Entamoeba coli	40,7	17,5	23,2
Endolimax nana	22,2	11,1	11,1
Iodamoeba butschilli	14,8	5,4	9,4
Entamoeba histolytica	11,1	3,3	7,8
Chilosmatix mesnili	11,1	1,4	9,7
Trichomonas hominis	7,4	0,4	7,0
Giardia lambia	7,4	6,7	0,7
Helmintos			
Ascaris lumbricóides	81,5	38,7	42,8
Trichocephalus trichiura	66,7	34,5	32,2
Ancylostomidae	59,2	19,4	39,8
Schistosoma mansoni	29,6	11,6	18,0
Strongylóides stercoralis	11,1	0,6	10,5
Hymenolepis nana	3,7	2,6	1,1

Fonte: LEITE et. al, (1990).

TABELA 25 - Perecentual de empregados dispensados por doença em Porto Alegre.

Moléstias	Percentual (%)
Contusão	28
Gripe	17
Gastroenterite	17
Neurose	14
Ferimento	10
Dermatose	8
Abcessos	4
Lombalgias	2

Fonte: RUBBO, JULIO (1983).

Na área de tratamento de resíduos em usinas de reciclagem e compostagem, segundo LIMA, 1985, não é seguro dizer que os operários que trabalham na triagem estão expostos a riscos de contaminação, pois, até então, raros foram os acidentes dessa natureza. Ele exemplificou que na URC de Manaus, de 1977 a 1983, não foi verificado nenhum caso de contaminação ou doença de caráter epidemiológico que tenha relação com os resíduos orgânicos domiciliares.

Segundo MAGNUSON[28] apud FERREIRA (1997), existem no mundo inteiro 200 plantas de usinas de reciclagem e compostagem em operação e, segundo FERREIRA (1997), a relativa expansão destas tecnologias tem gerado alguma preocupação com os trabalhadores envolvidos na separação de itens recicláveis. CIMINO[29] et al. apud FERREIRA (1997) diz que "tem havido relatos sobre trabalhadores de usinas desenvolvendo náusea, dor de cabeça e diarréias, como provável resultado da exposição a bactérias gram-negativas no ambiente".

3.5.2 Aspectos da segurança do trabalho nas usinas de reciclagem e compostagem

Os acidentes de trabalho normalmente conduzem a um processo que leva a perda de tempo ou a danos materiais. Os acidentes com lesão promovem redução da capacidade para o trabalho ou mesmo incapacitação do trabalhador, gerando prejuízos à empresa e à sociedade.

Sob o aspecto de segurança no trabalho nas usinas de reciclagem e compostagem, são variados os tipos de acidentes e suas causas.

MELO e SANTO (1992) relataram os acidentes ocorridos na usina de Irajá , no Rio de Janeiro, nos anos de 1978; e nos períodos de 1980 a 1983, e de 1985 a 1989.

De acordo com a natureza das causas dos acidentes, eles os classificaram como decorrentes de condições inseguras (CI)[23] ou atos inseguros (AI)[24].

Os tipos de acidentes foram definidos na tabela 26, apresentados na tabela 27 e figura 11.

---

[28] MAGNUSON, A. COMPOSTING: Dirty world or waste solution? American City & County, v.107, n.6:p.28-36, 1992.

[29] CIMINO, J.A. & MAMTANI, R.. Occupational hazards for New York City sanitation workers. Journal of Environmental Health, v.50, n.1, p.8-12, 1987.

[23] (CI): são as condições perigosas do ambiente, incluindo máquinas, ferramentas, equipamentos e materiais ou métodos de trabalho estabelecidos.

[24] (AI): é a violação de um procedimento seguro geralmente aceito. Não é só a violação da Norma de Segurança escrita mas, também, das inúmeras não escritas que a maioria conhece e observa por uma espécie de instinto de conservação.

MELO e SANTO (1992) relataram os tipos de acidentes ocorridos na usina de reciclagem e compostagem do Caju nos meses de julho a setembro de 1992, apresentados na tabela 28 e figura 12. Como conseqüência dos acidentes os trabalhadores ficaram afastados das atividades normais de trabalho por um período de 1.043 dias. Foram contabilizados neste período um total de 99 acidentes, dentre os quais 55 foram classificados como (CI)[23] e 44 como (AI)[24].

Em resumo, estes acidentes foram descritos como:

- corte nas mãos e em várias partes do corpo;
- ferimento nos olhos durante a catação do lixo na esteira e no manuseio de objetos cortantes em outras áreas da empresa;
- torções nos pulsos devido ao mau jeito ou sobrecarga ao manusear os fardos (lata, plástico, papel);
- batida com as várias partes do corpo (ombro, nariz, braços, mãos etc.) nas construções de ferro ou vigas;
- torções dos joelhos e tornozelos ao escorregar em diversas áreas das empresas;
- durante a limpeza do higienizador (usina do Caju, sistema Triga), o mesmo é ligado e o trabalhador atingido em várias partes do corpo.

TABELA 26 - Classificação dos tipos de acidentes ocorridos na usina de Irajá.

Classificação	Definição
Batida Contra	O trabalhador bate com o corpo ou parte do corpo contra obstáculos.
Batida Por	O trabalhador sofre batidas de objetos, peças, etc. Muitas vezes o trabalhador se fere por posicionar-se em local indevido (perigoso) ou por não utilizar EPI adequado. Estes acidentes podem ocorrer ainda por falta de proteção às partes perigosas de equipamentos.
Queda Sobre	O trabalhador é atingido por objetos que caem. Normalmente essas quedas são produzidas pelo mal apoio dos objetos, que caem por ação da gravidade.
Queda do	O trabalhador sofre lesão ao bater contra qualquer obstáculo. O trabalhador cai por escorregar ou por tropeçar, pela quebra de andaimes ou degraus de escadas, o que constitui condições inseguras. Muitas vezes, o acidente surge por abuso do risco que sabe existir ou simplesmente por se desequilibrar.
Objetos cortantes e perfurantes	O trabalhador sofre lesões de corte e perfuração por objetos como vidro, superfícies metálicas, pregos, agulhas etc.
Prensagem entre	Surge quando o trabalhador tem uma parte do corpo prensada entre um objeto fixo e um móvel ou entre dois objetos móveis. Este tipo de acidente ocorre com relativa freqüência devido a atos inseguros praticados no manuseio de peças, embalagens, equipamentos etc. E também devido ao fato de se colocar ou descansar as mãos em pontos perigosos de equipamentos.
Mau jeito ou esforço excessivo	Nestes casos o trabalhador não é atingido por agentes lesivos. Lesões como distensão lombar, lesões na espinha, etc. Decorrem da má posição do corpo, do movimento brusco em más condições ou do esforço, principalmente na espinha e região lombar.
Contato com a eletricidade	As lesões produzidas neste tipo de acidente, podem ocorrer em função de contato direto com fios ou pontos carregados de energia (energizados).
Atropelamento	O trabalhador é atropelado por algum veículo motorizado.
Contato com temperaturas extremas	O trabalhador sofre lesões decorrentes de temperaturas muito altas ou muito baixas, diferentes da temperatura ambiente.

Fonte: MELO & SANTO (1991), adaptação

TABELA 27 - Freqüência dos acidentes ocorridos na usina de Irajá - RJ

Tipo de Acidentes	Período (anos)										
	1978	1980	1981	1982	1983	1985	1986	1987	1988	1989	1990
Batida Contra	0,00	20,00	11,11	0,00	0,00	0,00	14,29	29,41	33,33	33,34	40,00
Batida Por	14,28	20,00	11,11	0,00	0,00	32,14	14,29	5,88	0,00	11,11	0,00
Objeto cortante	28,57	20,00	11,11	0,00	0,00	10,72	0,00	17,65	11,11	11,11	6,67
Objeto Perfurante	14,29	0,00	0,00	0,00	33,30	7,14	14,29	5,88	0,00	11,11	0,00
Mau jeito	0,00	0,00	22,22	0,00	0,00	21,43	28,57	11,77	33,34	0,00	33,33
Queda do Servidor	0,00	20,00	22,23	0,00	66,70	7,14	14,28	0,00	11,11	11,11	13,33
Queda sobre o servidor	0,00	0,00	11,11	0,00	0,00	14,29	0,00	17,65	11,11	11,11	6,67
Contato com eletricidade e temperaturas extremas	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,57	0,00	0,00	0,00	11,11	0,00
Prensagem entre	42,86	0,00	11,11	0,00	0,00	3,57	0,00	11,76	0,00	0,00	0,00
Atropelamento	0,00	20,00	0,00	0,00	0,00	0,00	14,28	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: MELO E SANTO (1991).

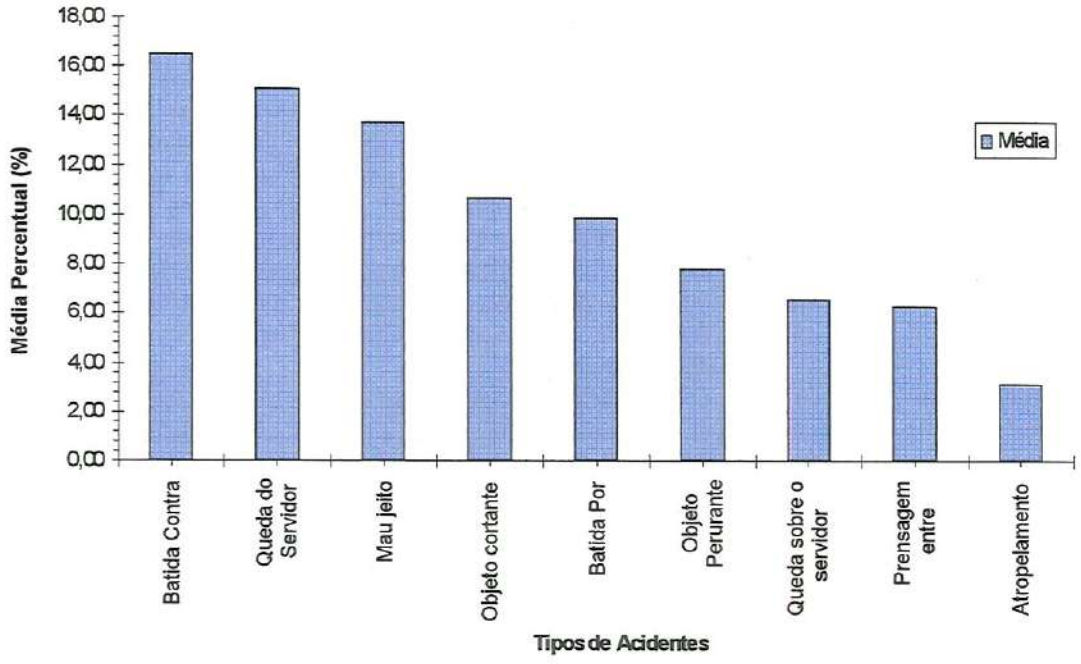


FIGURA 11 - Distribuição percentual da média da freqüência dos acidentes ocorridos na usina de reciclagem e compostagem de Irajá (1978-1990) - RJ

Fonte: MELO E SANTO (1991), adaptação.

TABELA 28 - Distribuição de acidentes na usina do Caju - Rio de Janeiro, no período de julho a setembro de 1992.

Tipos de acidentes	Quantidade	Relação percentual (%)
Objeto cortante	26	26,26
Batida Contra	18	18,18
Objeto Perfurante	14	14,14
Queda sobre o servidor	12	12,12
Mau jeito	10	10,10
Prensagem entre	8	8,08
Queda do Servidor	6	6,06
Batida Por	4	4,04
Ataque de ser vivo	1	1,01
Atropelamento	0	0
Contato com eletricidade e temperaturas extremas	0	0
Total	**99**	**100**

Fonte: MELO E SANTO (1992).

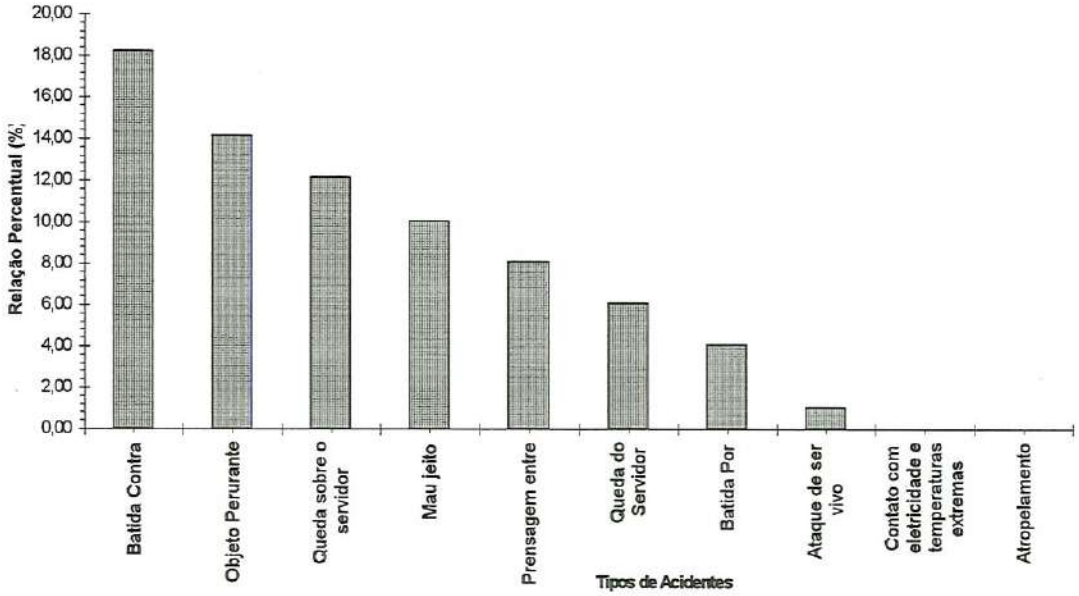


FIGURA 12 - Representação gráfica dos tipos de acidentes ocorridos na usina de reciclagem e compostagem do Caju (jul/93 e set/93) - RJ.

Fonte: MELO E SANTO (1992), adaptação.

4 METODOLOGIA

Visando atingir os objetivos propostos neste trabalho, foram feitas visitas técnicas em usinas de reciclagem de resíduos sólidos domiciliares presentes na região sudeste do Brasil - usinas de grande porte: usina de Jacarepaguá (RJ), usina do Caju (RJ), usina de São Matheus (SP); usinas de pequeno porte: usina de Irajá (RJ), usina de Vitória (ES), usina de Friburgo (RJ).

As visitas técnicas tiveram como objetivo conhecer as usinas, obter informações básicas sobre os processos e verificar a possibilidade de realização do trabalho junto às administrações das usinas. Algumas das informações foram obtidas aplicando-se o questionário apresentado no anexo C.

Três sistemas de usina apresentaram-se em condições de estudo, que foram as usinas de Jacarepaguá-RJ, São Matheus-SP e Vitória-ES, cujos sistemas foram descritos no capítulo anterior.

Entretanto, para a análise das eficiências do processo optou-se estudar um sistema de grande porte, por possuir um grau de mecanização maior do que o sistema de pequeno porte, e apresentar melhores condições técnicas de operação. Estudou-se o sistema da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá, confrontando-se alguns resultados de produção com os da usina de São Matheus, por serem ambas do processo DANO de compostagem.

A usina de Vitória foi estudada com fins de compor a análise sobre os aspectos de situações de risco à saúde e à segurança dos trabalhadores de usinas de reciclagem e compostagem, juntamente com as observações feitas nas usinas de São Matheus-SP e Jacarepaguá-RJ.

A caracterização dos resíduos sólidos das áreas fornecedoras de resíduos para os processos das usinas de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá e Vitória foram obtidos junto às respectivas empresas municipais que supervisionam os processos; na usina de São Matheus foi realizada e descrita em CASTRO (1996).

4.1 Coleta dos dados operacionais

Para as análises das eficiências do processo da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá, foram estudados os dados de produção mensal de recicláveis, composto, rejeito, lixo processado, bem como as horas de operação e de parada do processo segundo as suas causas. Os resultados e o comportamento das eficiências do processo de produção mensal de recicláveis, composto, rejeito e lixo processado foram confrontados com os da usina de São Matheus.

Os dados levantados foram obtidos por meio de observações dos processos e de informações operacionais cedidas pelos administradores das usinas. A usina de Jacarepaguá cedeu os seguintes dados, do período de dezembro de 1992 a julho de 1995: resumo mensal da produção de recicláveis por tipo de material retirado, resumo mensal da produção de rejeito, resumo mensal de produção de composto; resumo mensal de lixo processado; resumo mensal de horas de operação; resumo mensal de horas de parada segundo as causas; características técnicas dos equipamentos utilizados no processo. A usina de São Matheus cedeu os seguintes dados, do período de dezembro de 1992 a julho de 1995: resumo mensal da produção de recicláveis por tipo de material retirado, resumo mensal de produção de rejeito, resumo mensal de produção de composto.

Visando conhecer o comportamento das linhas de processamento da usina de Jacarepaguá e obter indicações sobre suas operações unitárias, fez-se a caracterização física dos resíduos presentes nos principais pontos do processo, cujo procedimento será descrito adiante.

4.1.2 Caracterização dos resíduos sólidos presentes nas linhas de processo da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá

A caracterização física dos resíduos sólidos presentes nas linhas de processo da usina de reciclagem e compostagem foi feita segundo o procedimento descrito no capítulo anterior. Foram escolhidos 3 pontos de coleta de amostra, apresentados na figura 13. O ponto nº1 está localizado após o eletroíma e antes da linha de rejeito das mesas de catação primária; o ponto nº2 está localizado após a mesa de catação secundária, na esteira transportadora de rejeito das peneiras secundárias; o ponto nº3 está localizado antes da alimentação dos bioestabilizadores, na esteira transportadora de correia de alimentação dos bioestabilizadores.

Foram feitas duas amostragens e duas caracterizações para cada ponto de coleta de amostra. A balança utilizada foi da marca Filizola de 600kg com subdivisões em 100g e os valores apresentados no capítulo de resultados estão em base úmida.

Antes de iniciar as caracterizações físicas, as condições de funcionamento das linhas de processo foram medidas - velocidades dos transportadores e das peneiras rotativas.

a) Amostragem das linhas de catação primária - ponto nº1

As amostras foram coletadas manualmente em latões, nas duas linhas que estavam operando nos dias da atividade prática. O local de amostragem foi logo após o eletroímã. Tempo total de recolhimento das amostras foi de 60 minutos. O número de catadores nas linhas de catação eram 13 em cada uma, e os materiais recolhidos na mesa de catação eram:

- Plásticos: "PET", plástico filme (nas cores azul, preto e transparente), "PVC", plásticos duros,
- Metais não ferrosos: alumínio grosso, latas de alumínio,
- Metais ferrosos: latas ferrosas, sucatas ferrosas
- Papel: papel branco, papelão.

- Eram retirados também os materiais de aço, baterias de carro, cobre, antimônio, filmes fotográficos e chapas de raios X, que estão presentes no processo em menores proporções.
- Os jornais, por não possuírem compradores e apresentarem preço baixo no mercado naquela ocasião, não estavam sendo retirados.
- Refugo: materiais que causam entupimento nas linhas de processo (tecidos, grandes sacos plásticos não rasgados, materiais de grandes dimensões etc.).

b) Amostragem nos transportadores de rejeito das peneiras secundárias - ponto nº2

As amostras foram recolhidas manualmente das três linhas de catação secundária e colocadas em latões. O local de amostragem foi logo após a saída das peneiras secundárias. O tempo total de recolhimento das amostras foi de 60 minutos.

c) Amostragem nos transportadores de correia de alimentação dos bioestabilizadores - ponto nº3

As amostras foram recolhidas manualmente em duas linhas que estavam operando nos dias da atividade prática. Durante a coleta das amostras não foram feitas as catações de recicláveis normalmente retidos (PET, alumínio, plástico duro), pois os postos de catação não estavam totalmente preenchidos. O tempo total de recolhimento das amostras foi de 60 minutos, e os recipientes de coleta utilizados foram contendores metálicos.

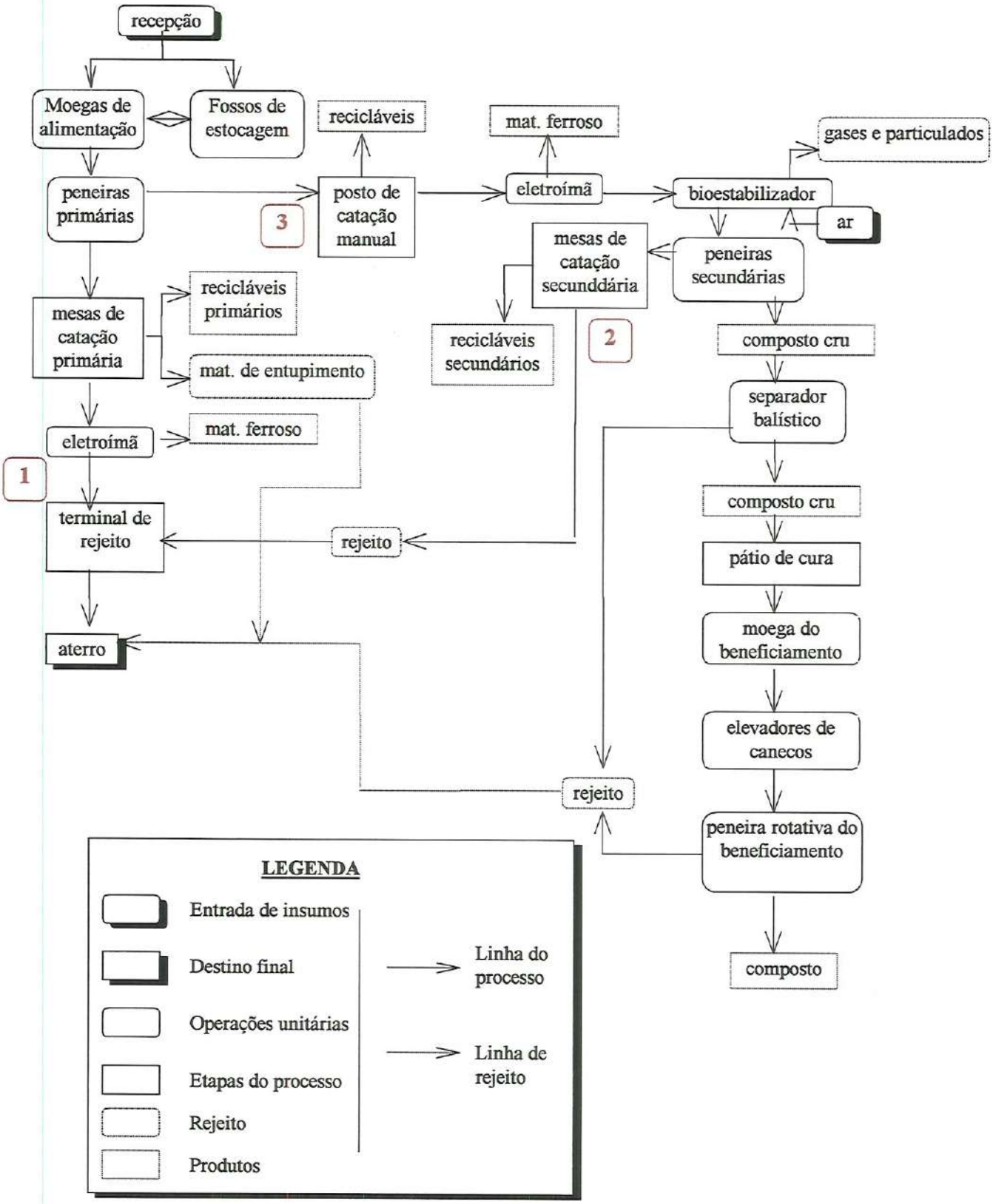


FIGURA 13 - Apresentação dos pontos de coleta de amostra para caracterização física dos resíduos da linha de processo na usina de Jacarepaguá.

5 RESULTADOS

5.1 Resultados da Usina de Jacarepaguá

A administração da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ cedeu os dados diários de produção de recicláveis, os resumos mensais dos tempos de operação e de parada do processo e as características dos principais equipamentos utilizados na usina.

A caracterização física dos resíduos sólidos nas linhas de processo foi feita segundo o método do quarteamento, descrito no capítulo 3, item 3.3. Antes, porém, foram determinadas as características de funcionamento das linhas de processo, que estão apresentadas na tabela 30.

A caracterização física dos resíduos sólidos domiciliares provenientes das áreas de coleta da usina foi feita pela COMLURB.

5.1.1 Composição física dos resíduos sólidos destinados à usina de Reciclagem e compostagem de Jacarepaguá-RJ

TABELA 29 - Composição física do lixo da região de coleta da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá-RJ.

Composição física do lixo da região de coleta (% base úmida)		
Material	**Ano - 1993**	**Ano - 1995**
papel / papelão	25,04	20,68
plástico	13,38	13,39
matéria orgânica	28,83	45,15
metal ferroso	3,89	3,04
metal não ferroso	0,56	0,41
vidro	2,94	2,11
outros [1]	25,36	15,22
Total	**100,00**	**100,00**

Fonte: COMPANHIA MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA, 1993.
[1] Couro, pano, trapo, madeira, osso, folha, agregado fino, pedra, louça, cerâmica, borracha

5.1.2 Características dos principais equipamentos utilizados no processo

TABELA 30 - Caracterização do funcionamento dos equipamentos da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá (RJ).

Localizações	Linhas de processo - velocidades de funcionamento		
	Linha 1	**Linha 2**	**Linha 3**
Peneira primária[1]	15 rpm	15 rpm	15 rpm
Transportador de correia p/ o bioestabilizador[2]	49,2 m/minuto	56,4 m/minuto	57,0 m/minuto
Bioestabilizadores[1]	1 rpm	1 rpm	1 rpm
Peneira secundária[1]	12 rpm	12 rpm	12 rpm
Transportador de correia na separação secundária[3]	13,8 m/minuto	13,8 m/minuto	13,8 m/minuto
Transportador de correia da separação primária[3]	13,8 m/minuto	15 m/minuto	14,4 m/minuto
Transportador de correia dos rejeitos da peneira secundária[3],[4]	0,68 m/s		
Chão movediço	2,0m/min		

[1] Média entre 5 voltas.
[2] Média entre 4 determinações.
[3] Média entre 3 determinações.
[4] Linha de rejeito comum às três linhas do processo

5.1.3 Caracterização física dos resíduos sólidos presentes nas linhas de rejeito provenientes das linhas de catação primária da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ

TABELA 31 - Resultados da caracterização do rejeito das mesas de catação primária.

Material	Data: 8/11/95		Data: 16/11/95	
	Massa (kg)	Fração (%)	Massa (kg)	Fração (%)
Matéria orgânica putrescível [1]	29,600	20,33	17,800	13,22
Papel higiênico	3,300	2,27	2,000	1,49
Papel jornal	65,300	44,85	40,800	30,31
Outros [2]	5,300	3,64	13,200	9,81
Tecido	12,300	8,45	12,200	9,06
Plástico filme [3]	13,300	9,13	20,200	15,01
Plástico filme [4]	0,200	0,14	7,000	5,20
PET	0,600	0,41	1,000	0,74
Plástico Duro	1,300	0,89	2,000	1,49
Latas Ferrosas	3,200	2,20	4,200	3,12
Latas de alumínio	traços [5]	-	0,200	0,15
Papelão	6,500	4,46	9,000	6,69
Papel branco	4,700	3,23	5,000	3,71
Total	**145,600**	**100,00**	**134,600**	**100,00**

[1] Folhas, alimentos, pedaços de papel em pequenas dimensões.
[2] Pedaços de madeira, isopor, fraldas e absorventes higiênicos, borracha, espuma, couro e outros materiais não recicláveis, papel celofane, embalagens metalizadas, lâmpada, espelho, papel carbono, outros não recicláveis.
[3] Plásticos filmes não comercializáveis pela cooperativa.
[4] Plásticos filmes comercializáveis pela cooperativa.
[5] Foram encontradas 12 latas (de refrigerante) de alumínio.

5.1.4 Caracterização física dos resíduos presentes nos transportadores de correia da linha de alimentação dos bioestabilizadores da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ

TABELA 32 - Resultados da caracterização do transportador de correia na alimentação dos bioestabilizadores.

Material	Data: 8/11/95		Data: 16/11/95	
	Massa (kg)	Fração (%)	Massa (kg)	Fração (%)
Matéria orgânica putrescível [1]	55,400	42,52	45,100	49,83
Papel higiênico	6,100	4,68	5,000	5,52
Papel[2]	16,000	12,28	8,400	9,28
Outros [3]	17,900	13,74	10,000	11,05
Tecido	2,800	2,15	3,300	3,65
Plástico filme [4]	12,700	9,75	5,300	5,86
Filmes fotográficos	-	-	0,100	0,11
PET	-	-	0,500	0,55
Plástico Duro	4,300	3,30	2,200	2,43
Latas Ferrosas	4,200	3,22	1,900	2,10
Latas de alumínio	1,700	1,30	0,800	0,88
Papelão	6,200	4,76	3,700	4,10
Vidro[5]	3,000	2,30	4,200	4,64
Total	**130,300**	**100,00**	**90,500**	**100,00**

[1] Folhas, alimentos, pedaços de papel de pequena dimensão.
[2] Estão incluídos os papéis tipo jornal e branco, pois apresentavam-se bastante fragmentados e molhados, de difícil catação.
[3] Pedaços de madeira, isopor, fraldas e absorventes higiênicos, borracha, espuma, couro, sola de sapato, calçados inteiros (tênis, chinelos, sandálias de couro), cabo de panela e outros materiais não recicláveis.
[4] Plásticos filmes não comercializáveis pela cooperativa.
[5] Caco

5.1.5 Caracterização física da linha de rejeito das saídas das peneiras secundárias da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ

TABELA 33 - Resultados da caracterização do rejeito das peneiras secundárias.

Material	Data: 23/11/95		Data: 24/11/95	
	Massa (kg)	Fração (%)	Massa (kg)	Fração (%)
Rejeito[1]	38,600	20,78	18,400	14,00
Rejeito[2]	25,400	13,67	19,200	14,61
Tecido	31,600	17,01	26,000	19,79
Plástico filme	60,900	32,78	40,600	30,90
Plástico duro	14,800	7,96	13,400	10,20
PET	2,800	1,51	2,400	1,83
Latas Ferrosas[3]	5,400	2,90	2,800	2,13
Latas de alumínio[3]	2,600	1,40	6,400	4,87
Vidro	3,700	1,99	2,200	1,67
Total	**185,800**	**100,00**	**131,400**	**100,00**

[1] Partículas de pequenas dimensões: composto cru, alimento não decomposto nos bioestabilizadores (cascas de frutas, bagaço de milho verde etc.), cacos de vidro, fragmentos de tecidos etc.
[2] Materiais de dimensões maiores do que os citados anteriormente: pedra, isopor, couro, madeira, osso, borracha, chinelo, sapato, outros não identificados.
[3] As latas estavam amassadas e cheias com composto cru.

5.1.6 Produção mensal da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ

TABELA 34 - Totais da produção mensal da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ.

Período		Pesos dos resíduos (kg)				Perda e/ou acúmulo de resíduos na usina[2] (kg)	
Mês / Ano	Dias	Lixo Processado	Total Reciclado	Rejeito	Composto	Mensal	Total
dez/92	26	3.711.102,00	232.650,40	1.292.762,00	0,00	2.185.689,60	2.185.689,60
jan/93	25	7.782.306,00	348.869,00	3.043.164,00	3.455.196,00	935.077,00	3.120.766,60
fev/93	24	9.411.391,00	371.772,50	3.499.280,00	4.535.400,00	1.004.938,50	4.125.705,10
mar/93	27	11.210.324,00	439.297,50	3.762.356,00	6.276.640,00	732.030,50	4.857.735,60
abr/93	24	9.389.422,00	472.238,00	3.218.032,00	5.797.120,00	-97.968,00	4.759.767,60
mai/93	25	9.949.660,00	492.308,00	3.333.160,00	5.354.020,00	770.172,00	5.529.939,60
jun/93	25	9.829.790,00	516.113,00	3.174.040,00	5.378.040,00	761.597,00	6.291.536,60
jul/93	27	9.775.966,00	501.361,00	3.629.520,00	5.156.700,00	488.385,00	6.779.921,60
ago/93	26	9.399.600,00	524.680,70	3.430.340,00	4.438.050,00	1.006.529,30	7.786.450,90
set/93	26	9.239.340,00	360.834,00	3.627.040,00	4.494.240,00	757.226,00	8.543.676,90
out/93	26	9.698.860,00	412.801,50	3.732.935,00	4.738.160,00	814.963,50	9.358.640,40
nov/93	26	9.982.200,00	321.315,60	3.556.720,00	4.440.720,00	1.663.444,40	11.022.084,80
dez/93	27	11.765.180,00	353.611,50	3.999.620,00	5.608.552,00	1.803.396,50	12.825.481,30
jan/94	27	10.451.350,00	299.791,50	3.875.250,00	5.635.540,00	640.768,50	13.466.249,80
fev/94	24	9.752.340,00	262.212,00	3.277.950,00	4.999.810,00	1.212.368,00	14.678.617,80
mar/94	27	11.456.220,00	234.280,00	4.490.310,00	6.100.070,00	631.560,00	15.310.177,80
abr/94	25	7.869.460,00	111.682,00	2.384.650,00	3.237.580,00	2.135.548,00	17.445.725,80
mai/94	27	11.506.100,00	123.441,00	4.546.130,00	2.871.690,00	3.964.839,00	21.410.564,80
jun/94	26	8.666.809,00	98.304,00	4.143.721,00	2.933.640,00	1.491.144,00	22.901.708,80
jul/94	26	9.346.690,00	101.458,00	3.996.040,00	3.191.791,00	2.057.401,00	24.959.109,80
ago/94	27	10.891.590,00	144.523,00	4.903.200,00	6.240.680,00	-396.813,00	24.562.296,80
set/94	27	8.510.960,00	121.075,00	3.568.350,00	4.274.530,00	547.005,00	25.109.301,80
out/94	26	8.897.650,00	118.334,00	4.065.610,00	4.784.650,00	-70.944,00	25.038.357,80
nov/94	25	9.147.510,00	81.315,00	4.670.590,00	4.668.200,00	-272.595,00	24.765.762,80
dez/94	27	11.735.410,00	90.321,00	4.368.420,00	4.981.630,00	2.295.039,00	27.060.801,80
jan/95[1]	3	-	-	-	-	-	-
fev/95[1]	-	-	-	-	-	-	-
mar/95[1]	-	-	-	-	-	-	-
abr/95	12	5.567.850,00	208.791,00	1.619.940,00	825.970,00	2.913.149,00	2.913.149,00
mai/95	28	13.480.110,00	522.507,00	4.902.030,00	6.479.720,00	1.575.853,00	1.575.853,00
jun/95	25	12.586.080,00	410.977,00	4.343.920,00	6.204.020,00	1.627.163,00	3.203.016,00
jul/95	27	13.731.650,00	313.218,00	4.498.340,00	7.269.590,00	1.650.502,00	4.853.518,00
Total	**743**	**284.742.920,00**	**8.590.082,20**	**106.953.420,00**	**134.371.949,00**	**34.827.468,80**	**356.441.608,20**
Média[3]	**26**	**9.818.721,38**	**296.209,73**	**3.688.048,97**	**4.633.515,48**	**1.200.947,20**	**12.291.089,94**

[1] No mês de janeiro de 1995 a usina funcionou por 3 dias, quando ocorreu um incêndio, reiniciando suas atividades em 17/4/95.

[2]Perda e/ou acúmulo mensal é igual a diferença entre o lixo processado e os totais de reciclado, de rejeito, de composto; perda e/ou acúmulo total é igual a diferença entre o lixo processado e os totais de reciclado, de rejeito, de composto somado ao que foi acumulado no mês anterior.

[3]a média foi calculada baseada em 29 (vinte e nove) observações.

TABELA 35 - Produção mensal por linha de operação da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ[3].

Período		Pesos dos resíduos (kg)			
Mês/ Ano	**Dias[4]**	**Lixo Processado**	**Total Reciclado**	**Rejeito**	**Composto**
dez/92	26	1.237.034,00	77.550,13	430.920,67	0,00
jan/93	25	2.594.102,00	116.289,67	1.014.388,00	1.151.732,00
fev/93	24	3.137.130,33	123.924,17	1.166.426,67	1.511.800,00
mar/93	27	3.736.774,67	146.432,50	1.254.118,67	2.092.213,33
abr/93	24	3.129.807,33	157.412,67	1.072.677,33	1.932.373,33
mai/93	25	3.316.553,33	164.102,67	1.111.053,33	1.784.673,33
jun/93	25	3.276.596,67	172.037,67	1.058.013,33	1.792.680,00
jul/93	27	3.258.655,33	167.120,33	1.209.840,00	1.718.900,00
ago/93	26	3.133.200,00	174.893,57	1.143.446,67	1.479.350,00
set/93	26	3.079.780,00	120.278,00	1.209.013,33	1.498.080,00
out/93	26	3.232.953,33	137.600,50	1.244.311,67	1.579.386,67
nov/93	26	3.327.400,00	107.105,20	1.185.573,33	1.480.240,00
dez/93	27	3.921.726,67	117.870,50	1.333.206,67	1.869.517,33
jan/94	27	3.483.783,33	99.930,50	1.291.750,00	1.878.513,33
fev/94	24	3.250.780,00	87.404,00	1.092.650,00	1.666.603,33
mar/94	27	3.818.740,00	78.093,33	1.496.770,00	2.033.356,67
abr/94	25	2.623.153,33	37.227,33	794.883,33	1.079.193,33
mai/94	27	3.835.366,67	41.147,00	1.515.376,67	957.230,00
jun/94	26	2.888.936,33	32.768,00	1.381.240,33	977.880,00
jul/94	26	3.115.563,33	33.819,33	1.332.013,33	1.063.930,33
ago/94	27	3.630.530,00	48.174,33	1.634.400,00	2.080.226,67
set/94	27	2.836.986,67	40.358,33	1.189.450,00	1.424.843,33
out/94	26	2.965.883,33	39.444,67	1.355.203,33	1.594.883,33
nov/94	25	3.049.170,00	27.105,00	1.556.863,33	1.556.066,67
dez/94	27	3.911.803,33	30.107,00	1.456.140,00	1.660.543,33
jan/95[1]	3	-	-	-	-
fev/95[1]	-	-	-	-	-
mar/95[1]	-	-	-	-	-
abr/95	12	1.855.950,00	69.597,00	539.980,00	275.323,33
mai/95	28	4.493.370,00	174.169,00	1.634.010,00	2.159.906,67
jun/95	25	4.195.360,00	136.992,33	1.447.973,33	2.068.006,67
jul/95	27	4.577.216,67	104.406,00	1.499.446,67	2.423.196,67
Total	**743**	**94.914.306,67**	**2.863.360,73**	**35.651.140,00**	**44.790.649,67**
Média[2]	**26**	**3.272.907,13**	**98.736,58**	**1.229.349,66**	**1.544.505,16**

[1] No mês de janeiro de 1995 a usina funcionou por 3 dias, quando ocorreu um incêndio, reiniciando suas atividades em 17/4/95.

[2] a média foi calculada baseada em 29 (vinte e nove) observações.

[3] o cálculo das produções corresponde à produção total (por item - tabela 34) dividido por 3 (três linhas de operação).

[4] corresponde ao total de dias em que a usina funcionou.

TABELA 36 - Produção diária por linha de operação da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ [3].

Período		Pesos dos resíduos (kg)			
Mês/ ano	Dias[4]	Lixo processado	Total reciclado	Rejeito	Composto
dez/92	26	47.578,23	2.982,70	16.573,87	0,00
jan/93	25	103.764,08	4.651,59	40.575,52	46.069,28
fev/93	24	130.713,76	5.163,51	48.601,11	62.991,67
mar/93	27	138.399,06	5.423,43	46.448,84	77.489,38
abr/93	24	130.408,64	6.558,86	44.694,89	80.515,56
mai/93	25	132.662,13	6.564,11	44.442,13	71.386,93
jun/93	25	131.063,87	6.881,51	42.320,53	71.707,20
jul/93	27	120.690,94	6.189,64	44.808,89	63.662,96
ago/93	26	120.507,69	6.726,68	43.978,72	56.898,08
set/93	26	118.453,08	4.626,08	46.500,51	57.618,46
out/93	26	124.344,36	5.292,33	47.858,14	60.745,64
nov/93	26	127.976,92	4.119,43	45.598,97	56.932,31
dez/93	27	145.249,14	4.365,57	49.378,02	69.241,38
jan/94	27	129.029,01	3.701,13	47.842,59	69.574,57
fev/94	24	135.449,17	3.641,83	45.527,08	69.441,81
mar/94	27	141.434,81	2.892,35	55.435,93	75.309,51
abr/94	25	104.926,13	1.489,09	31.795,33	43.167,73
mai/94	27	142.050,62	1.523,96	56.125,06	35.452,96
jun/94	26	111.112,94	1.260,31	53.124,63	37.610,77
jul/94	26	119.829,36	1.300,74	51.231,28	40.920,40
ago/94	27	134.464,07	1.784,23	60.533,33	77.045,43
set/94	27	105.073,58	1.494,75	44.053,70	52.771,98
out/94	26	114.072,44	1.517,10	52.123,21	61.341,67
nov/94	25	121.966,80	1.084,20	62.274,53	62.242,67
dez/94	27	144.881,60	1.115,07	53.931,11	61.501,60
jan/95[1]	3	-	-	-	-
fev/95[1]	-	-	-	-	-
mar/95[1]	-	-	-	-	-
abr/95	12	154.662,50	5.799,75	44.998,33	22.943,61
mai/95	28	160.477,50	6.220,32	58.357,50	77.139,52
jun/95	25	167.814,40	5.479,69	57.918,93	82.720,27
jul/95	27	169.526,54	3.866,89	55.535,06	89.748,02
Total	**743**	**3.728.583,38**	**113.716,85**	**1.392.587,78**	**1.734.191,37**
Média[2]	**26**	**128.571,84**	**3.921,27**	**48.020,27**	**59.799,70**

[1] No mês de janeiro de 1995 a usina funcionou por 3 dias, quando ocorreu um incêndio, reiniciando suas atividades em 17/4/95.

[2] a média foi calculada baseada em 29 (vinte e nove) observações.

[3] o cálculo das produções corresponde à produção mensal por linha de operação (por item - tabela 35) dividido pelo número de dias de operação.

[4] corresponde ao total de dias em que a usina funcionou.

TABELA 37 - Produção mensal de recicláveis da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ (continua)

Mês/	Papel e Papelão (kg)		Plástico[6] (kg)					Vidro (kg)		Metal (kg)			Total (kg)
Ano	Papel	Papelão	Filme A.D.	Filme B.D.	Duro	PET	Vasilha	Claro	Escuro	Ferroso	Não Ferroso	Alumínio	Reciclado
dez/92	64.053	37.998	10.232	35.390	23.320	6.693	0	7.730	4.984	37.985	170	4.095	232.650
jan/93	84.683	48.680	7.674	50.864	38.374	10.113	6.204	13.020	15.816	66.165	664	6.612	348.869
fev/93	101.822	54.847	12.849	55.891	35.726	8.422	0	7.036	21.100	67.254	344	6.482	371.773
mar/93	120.177	64.918	19.300	73.290	36.810	7.617	0	11.870	22.470	76.820	433	5.593	439.298
abr/93	140.693	73.156	22.254	68.507	29.900	10.672	0	14.800	11.980	95.219	283	4.774	472.238
mai/93	142.448	66.935	2.348	77.689	37.720	11.616	0	20.320	18.510	107.955	554	6.213	492.308
jun/93	143.708	68.837	0	78.059	48.400	13.831	0	18.960	20.440	117.161	628	6.089	516.113
jul/93	139.695	57.141	0	81.146	39.680	11.388	0	18.440	15.790	131.169	426	6.486	501.361
ago/93	135.133	61.970	0	81.980	49.480	14.251	0	22.250	21.950	130.407	281	6.979	524.681
set/93	102.475	50.673	0	59.908	33.160	13.090	0	19.000	17.520	60.222	236	4.550	360.834
out/93	90.293	46.715	0	53.153	32.280	13.727	0	16.280	13.410	139.832	345	6.767	412.802
nov/93	70.170	41.915	0	52.579	25.270	9.997	0	14.440	14.400	86.710	221	5.614	321.316
dez/93	91.949	53.190	0	49.961	24.130	10.297	0	10.930	12.600	94.754	300	5.501	353.612
jan/94	52.245	31.011	0	37.287	20.270	12.481	0	12.190	14.250	113.319	215	6.524	299.792
fev/94	51.535	36.468	0	34.800	15.760	7.885	0	13.380	12.130	85.337	214	4.703	262.212
mar/94	42.121	27.990	0	27.991	14.950	12.245	0	12.680	9.570	83.868	156	2.709	234.280
abr/94	23.885	10.432	0	23.654	5.030	5.457	0	4.490	4.410	31.322	178	2.824	111.682
mai/94	19.132	11.050	0	19.543	8.300	2.960	0	8.870	8.990	41.856	99	2.641	123.441
jun/94	23.744	10.140	0	22.302	0	3.756	0	4.890	5.040	25.320	123	2.989	98.304
jul/94	35.405	13.110	0	12.340	3.460	2.365	0	5.350	4.900	22.950	0	1.578	101.458
ago/94	27.206	13.223	0	14.249	8.100	1.394	0	9.070	8.860	58.820	211	3.390	144.523
set/94	17.464	11.492	0	3.355	2.450	2.213	0	3.000	4.370	74.580	142	2.009	121.075
out/94	14.748	23.705	0	11.555	1.850	945	0	1.700	2.000	57.070	0	4.761	118.334
nov/94	4.840	10.030	3.130	0	2.500	0	0	2.350	2.600	54.770	0	1.095	81.315
dez/94	7.256	12.200	0	1.635	4.360	0	0	4.350	700	58.250	0	1.570	90.321
jan/95[1]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
fev/95[1]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
mar/95[1]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
abr/95	75.646	46.402	800	36.357	14.680	11.246	0	2.970	2.540	13.500	57	4.593	208.791
mai/95	172.465	97.058	4.352	85.028	46.280	29.409	0	3.670	2.680	68.800	242	12.523	522.507
jun/95	56.586	166.811	2.990	42.691	35.314	26.116	0	493	535	68.436	189	10.816	410.977
jul/95	74.795	131.121	0	25.659	4.070	22.401	0	650	0	45.360	38	9.124	313.218

TABELA 37 - Produção mensal de recicláveis da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ (continuação)

Mês/ano	Papel e Papelão (kg)		Plástico[6] (kg)					Vidro (kg)		Metal (kg)			Total (kg)
	papel	papelão	filme a.d.	filme b.d.	duro	PET	vasilha	claro	escuro	ferroso	não ferroso	alumínio	reciclado
Total geral	2.126.372	1.379.218	85.929	1.216.863	641.624	282.587	6.204	285.179	294.545	2.115.211	6.749	149.604	8.590.085
Média geral[2]	73.323	47.559	2.963	41.961	22.125	9.744	214	9.834	10.157	72.938	233	5.159	296.210
Total (1992/1993)	1.427.299	726.975	74.657	818.417	454.250	141.714	6.204	195.076	210.970	1.211.653	4.883	75.755	5.347.853
Média (1992/1993)[3]	109.792	55.921	5.743	62.955	34.942	10.901	477	15.006	16.228	93.204	376	5.827	411.373
Total (1994)	319.581	210.851	3.130	208.711	87.030	51.701	0	82.320	77.820	707.462	1.338	36.793	1.786.737
Média (1994)[4]	26.632	17.571	261	17.393	7.253	4.308	0	6.860	6.485	58.955	111	3.066	148.895
Total (1995)	379.492	441.392	8.142	189.735	100.344	89.172	0	7.783	5.755	196.096	526	37.056	1.455.493
Média (1995)[5]	94.873	110.348	2.036	47.434	25.086	22.293	0	1.946	1.439	49.024	132	9.264	363.873

[1] No mês de janeiro de 1995 a usina funcionou por 3 dias, quando ocorreu um incêndio, reiniciando suas atividades em 17/4/95; [2] a média geral foi calculada baseada em 29 (vinte e nove) observações; [3] a média foi calculada baseada em 13 (treze) observações; [4] a média foi calculada baseada em 12 observações; [5] a média foi calculada baseada em 4 (quatro) observações; [6] plástico filme a d. = plástico filme de alta densidade e, o plástico filme b.d. = plástico filme de baixa densidade.

5.1.7 Problemas de paradas de processo

TABELA 38 - Totais de tempos de operação e de paradas do processo na usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá-RJ[3].

Período		Tempos, conforme suas causas (fração de hora)								
Mês / Ano	Dias[4]	Tempo total de operação	Falta de lixo	Falta de carretas	Defeito elétrico	Defeito mecânico	Entupimento	Outros	Tempo total de paralisação	Tempo provável de trabalho[1]
dez/92	26	****	****	****	****	****	****	****	****	****
jan/93	25	780,00	96,60	10,05	49,05	66,90	22,20	25,20	270,00	1050,00
fev/93	24	724,80	0,00	0,00	9,78	28,14	15,18	157,05	210,15	934,95
mar/93	27	771,51	9,09	0,00	6,69	147,00	19,68	96,63	279,09	1050,60
abr/93	24	805,41	3,30	0,00	1,65	87,72	60,84	12,48	165,99	971,40
mai/93	25	789,87	33,63	3,12	7,62	70,20	36,93	30,03	181,53	971,40
jun/93	25	816,69	0,00	0,00	4,05	64,59	60,45	25,62	154,71	971,40
jul/93	27	954,36	0,00	0,00	6,00	60,09	13,17	18,18	97,44	1051,80
ago/93	26	910,47	0,00	1,50	6,06	34,44	24,60	33,36	99,96	1010,43
set/93	26	828,24	0,00	0,36	13,20	48,57	31,20	15,03	108,36	936,60
out/93	26	855,30	0,00	0,00	0,00	60,90	22,38	13,02	96,30	951,60
nov/93	26	1023,00	0,00	0,00	1,29	57,00	34,50	29,70	122,49	1145,49
dez/93	27	885,45	0,00	0,00	0,75	27,75	39,72	27,33	95,55	981,00
jan/94	27	695,70	0,00	1,59	0,00	28,68	75,66	73,56	179,49	875,19
fev/94	24	627,24	11,79	0,00	0,66	46,26	63,51	142,53	264,75	891,99
mar/94	27	760,53	38,52	0,42	2,61	82,05	80,73	161,28	365,61	1126,14
abr/94	25	424,68	5,82	0,00	0,18	79,89	55,95	406,98	548,82	973,50
mai/94	27	807,93	6,69	2,73	0,00	115,59	67,44	139,62	332,07	1140,00
jun/94	26	703,14	0,00	0,75	0,66	81,93	72,12	308,40	463,86	1167,00
jul/94	26	589,17	2,91	0,84	0,39	100,05	44,94	245,70	394,83	984,00
ago/94	27	738,81	18,78	10,50	2,82	57,72	59,04	141,33	290,19	1029,00
set/94	27	683,28	10,26	26,01	6,75	25,23	71,88	177,57	317,70	1000,98
out/94	26	683,73	22,95	14,07	3,21	35,49	74,79	135,75	286,26	969,99
nov/94	25	669,96	0,00	6,06	14,04	71,85	86,25	231,84	410,04	1080,00
dez/94	27	659,94	0,00	4,71	6,90	106,65	118,98	272,82	510,06	1170,00
jan/95[2]	3	49,95	0,00	0,00	0,00	9,99	5,43	2,01	17,43	67,38
fev/95[2]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
mar/95[2]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
abr/95	12	321,90	4,65	0,00	1,95	24,39	31,74	137,28	200,01	521,91
mai/95	28	763,20	0,00	0,00	9,57	120,96	124,23	165,96	420,72	1183,92
jun/95	25	736,89	1,38	0,00	11,76	105,72	126,39	131,79	377,04	1113,93
jul/95	27	736,14	0,03	0,00	15,18	127,56	153,78	117,30	413,85	1149,99
Total	**743**	**20797,29**	**266,40**	**82,71**	**182,82**	**1973,31**	**1693,71**	**3475,35**	**7674,30**	**28471,59**

[1] 'Tempo provável de trabalho' considera-se o somatório entre o tempo total de operação e o tempo total de paralisação.

[2] No mês de janeiro de 1995 a usina funcionou por 3 dias, quando ocorreu um incêndio, reiniciando suas atividades em 17/4/95.

[3] Os valores apresentados correspondem ao tempo (conforme a causa) vezes as 3 (três) linhas do processo, e corresponde ao seguinte cálculo: (tempo em minutos/60)x3 (linhas de operação).

[4] corresponde ao total de dias no mês em que a usina funcionou.

5.1.8 Gastos energéticos

TABELA 39 - Relação dos principais motores elétricos e suas respectivas potências da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ.

Equipamento	Quantidade	Potência (HP) [1]	Potência (KW) [1]
Pontes rolantes - motor de elevação	2	29	21,6253
Pontes rolantes - motor de direção	2	3	2,2371
Pontes rolantes - motor de translação	2	7,5	5,59275
Pontes rolantes - motor do recuperador de cabos	2	0,08	0,059656
Caçambas tipo pólipo	2	30	22,371
Rompedores de sacos de lixo	3	5	3,7285
Eletroímãs da separação primária	3	1,5	1,11855
Sistemas de extração semiautomático de plástico filme	3	12,5	9,32125
Prensas para papelão e plástico filme	3	10	7,457
Prensas para papel e PVC	2	7,5	5,59275
Prensa para latas	1	30	22,371
Bioestabilizadores	6	175	130,4975
Bioestabilizadores - portas de saída	6	½	0,37285
Exaustores dos bioestabilizadores	3	7,5	5,59275
Ventiladores de injeção de ar fresco nos bioestabilizadores	6	1,5	1,11855
Separadores balísticos	3	1,5	1,11855
Ventiladores de cabine	3	$13,428*10^{-3}$	0,018
Peneiras rotativas de separação primária	3	20	14,914
Peneiras Rotativas da Separação Secundária	3	5	3,7285
Transportadores de chapas articuladas	3	7,5	5,59275
Transportador de correia para rejeitos da separação primária	2	6	4,4742
Transportador de correia para alimentação dos bioestabilizadores	3	4	2,9828
Transportador de correia sob a peneira de separação primária	3	2	1,4914
Transportador de correia para separação primária (mesa de catação)	3	3	2,2371
Transportador de correia para alimentação das peneiras rotativas da separação secundária	2	4	2,9828
Transportador de correia sob a peneira rotativa da separação secundária	1	2	1,4914
Transportador de correia sob a peneira rotativa da separação secundária	2	2	1,4914
Transportador de correia para a separação secundária (mesa de catação)	3	1,5	1,11855
Transportador de correia para os rejeitos da separação secundária	1	6	4,4742
Transportador de correia para os rejeitos da separação secundária	1	6	4,4742
Total	**82**	**390,6**	**291,6463**

[1] 1 KW = 0,746HP

5.2 Usina de São Matheus

5.2.1 Composição física dos resíduos sólidos destinados à usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP

A caracterização física dos resíduos sólidos destinados à usina de reciclagem e compostagem de São Matheus foi feita por CASTRO (1996), cujos resultados estão apresentados na tabela 40.

TABELA 40 - Composição física dos resíduos sólidos domiciliares destinados à usina de reciclagem e compostagem de São Matheus-SP.

Material	Média
matéria orgânica e papel	71,58%
papelão	6,41%
plástico filme	8,68%
plástico duro	2,50%
vidro	1,73%
alumínio	0,37%
latas de ferro	2,59%
couro, madeira borracha	2,68%
trapo	3,47%
Total	**100,00%**

Fonte: CASTRO, 1996

5.2.2 Produção mensal da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP

A administração da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus-SP cedeu os dados diários de produção de recicláveis de dezembro de1992, junho de 1993 a junho de 1995. Os registros são mensais. As pesagens correspondem a todos os resíduos que entram e saem da usina e o item 'saldo do pátio' corresponde aos recicláveis estocados na usina no final do mês. Nos finais de semana a usina destina ao aterro todos os resíduos não processados, inclusive os rejeitos.

TABELA 41 - Totais da produção mensal da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP.

Período	Pesos dos resíduos (kg)						Perda e/ou acúmulo de resíduos na usina (kg)	
Mês /Ano	Lixo processado	Total reciclado	Rejeito	Refugo	Composto	Saldo do pátio	Mensal	Total
dez/92	10.334.650,00	286.570,00	4.309.610,00	505.510,00	5.447.885,00	0,00	-214.925,00	-214.925,00
jan/93[1]	-	-	-	-	-	-	-	-
fev/93[1]	-	-	-	-	-	-	-	-
mar/93[1]	-	-	-	-	-	-	-	-
abr/93[1]	-	-	-	-	-	-	-	-
mai/93[1]	-	-	-	-	-	-	-	-
jun/93	11.944.850,00	448.090,00	5.040.970,00	781.579,00	6.510.197,00	550.000,00	-285.986,00	-285.986,00
jul/93	10.665.370,00	459.280,00	4.918.081,00	817.660,00	5.772.555,00	0,00	-1.302.206,00	-1.588.192,00
ago/93	11.303.930,00	448.760,00	4.305.130,00	818.100,00	4.721.505,00	300.000,00	1.310.435,00	-277.757,00
set/93	11.404.190,00	485.420,00	4.770.550,00	868.350,00	6.203.240,00	0,00	-923.370,00	-1.201.127,00
out/93	11.645.510,00	413.620,00	4.883.656,00	830.298,00	6.172.135,00	0,00	-654.199,00	-1.855.326,00
nov/93	15.327.400,00	419.450,00	7.410.846,00	845.620,00	7.946.710,00	385.760,00	-909.466,00	-2.764.792,00
dez/93	13.358.840,00	330.040,00	5.833.652,00	866.810,00	7.289.965,00	0,00	-961.627,00	-3.726.419,00
jan/94	11.927.300,00	478.570,00	4.940.240,00	666.370,00	6.136.210,00	349.560,00	55.470,00	-3.670.949,00
fev/94	12.724.970,00	435.660,00	5.646.220,00	711.470,00	6.736.280,00	364.550,00	-440.110,00	-4.111.059,00
mar/94	13.426.590,00	456.710,00	6.179.980,00	759.440,00	7.309.305,00	0,00	-1.278.845,00	-5.389.904,00
abr/94	10.917.750,00	396.320,00	5.001.640,00	541.650,00	5.786.400,00	0,00	-808.260,00	-6.198.164,00
mai/94	10.943.270,00	381.010,00	4.368.850,00	530.810,00	5.578.255,00	418.250,00	502.595,00	-5.695.569,00
jun/94	11.702.560,00	359.980,00	5.399.960,00	629.660,00	6.424.650,00	0,00	-1.111.690,00	-6.807.259,00
jul/94	10.171.326,00	292.770,00	4.617.180,00	369.350,00	5.390.790,00	0,00	-498.764,00	-7.306.023,00
ago/94	15.245.017,00	387.070,00	5.996.662,00	0,00	5.441.250,00	170.000,00	3.590.035,00	-3.715.988,00
set/94	12.130.160,00	374.860,00	5.166.780,00	499.630,00	5.192.930,00	250.000,00	1.145.960,00	-2.570.028,00
out/94	7.357.057,00	311.810,00	3.610.638,00	210.380,00	3.571.570,00	250.000,00	-97.341,00	-2.667.369,00
nov/94	9.106.720,00	375.270,00	3.450.140,00	434.390,00	4.169.800,00	200.000,00	877.120,00	-1.790.249,00
dez/94	12.301.613,00	463.620,00	4.983.160,00	620.830,00	5.649.800,00	0,00	584.203,00	-1.206.046,00
jan/95	7.715.770,00	355.640,00	3.156.116,00	347.730,00	3.418.620,00	144.859,00	582.523,00	-623.523,00
fev/95	8.455.616,00	348.230,00	3.260.317,00	304.720,00	3.816.230,00	120.000,00	846.119,00	222.596,00
mar/95	9.981.790,00	469.460,00	4.105.480,00	399.560,00	4.493.070,00	150.000,00	664.220,00	886.816,00
abr/95	10.232.480,00	427.420,00	4.752.304,00	0,00	5.919.120,00	0,00	-866.364,00	20.452,00
mai/95	12.038.190,00	438.660,00	5.312.580,00	0,00	5.947.630,00	150.000,00	489.320,00	509.772,00
jun/95	12.558.420,00	540.470,00	5.649.520,00	0,00	6.430.870,00	40.000,00	-22.440,00	487.332,00
Total	**294.921.339,00**	**10.584.760,00**	**127.070.262,00**	**13.359.917,00**	**147.476.972,00**	**3.842.979,00**	**272.407,00**	**-61.539.686,00**
Média[2]	**11.343.128,42**	**407.106,15**	**4.887.317,77**	**513.842,96**	**5.672.191,23**	**147.806,88**	**10.477,19**	**-2.366.911,00**

[1]Os dados nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril e maio de 1993 não foram fornecidos; [2]a média foi calculada baseada em 26 (vinte e seis) observações.

TABELA 42 - Produção mensal por linha de operação da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP.

Período	Pesos dos resíduos (kg)				
Mês / Ano	Lixo processado	Total reciclado	Rejeito	Refugo	Composto
dez/92	2.583.662,50	71.642,50	1.077.402,50	126.377,50	1.361.971,25
jan/93[1]	-	-	-	-	-
fev/93[1]	-	-	-	-	-
mar/93[1]	-	-	-	-	-
abr/93[1]	-	-	-	-	-
mai/93[1]	-	-	-	-	-
jun/93	2.986.212,50	112.022,50	1.260.242,50	195.394,75	1.627.549,25
jul/93	2.666.342,50	114.820,00	1.229.520,25	204.415,00	1.443.138,75
ago/93	2.825.982,50	112.190,00	1.076.282,50	204.525,00	1.180.376,25
set/93	2.851.047,50	121.355,00	1.192.637,50	217.087,50	1.550.810,00
out/93	2.911.377,50	103.405,00	1.220.914,00	207.574,50	1.543.033,75
nov/93	3.831.850,00	104.862,50	1.852.711,50	211.405,00	1.986.677,50
dez/93	3.339.710,00	82.510,00	1.458.413,00	216.702,50	1.822.491,25
jan/94	2.981.825,00	119.642,50	1.235.060,00	166.592,50	1.534.052,50
fev/94	3.181.242,50	108.915,00	1.411.555,00	177.867,50	1.684.070,00
mar/94	3.356.647,50	114.177,50	1.544.995,00	189.860,00	1.827.326,25
abr/94	2.729.437,50	99.080,00	1.250.410,00	135.412,50	1.446.600,00
mai/94	2.735.817,50	95.252,50	1.092.212,50	132.702,50	1.394.563,75
jun/94	2.925.640,00	89.995,00	1.349.990,00	157.415,00	1.606.162,50
jul/94	2.542.831,50	73.192,50	1.154.295,00	92.337,50	1.347.697,50
ago/94	3.811.254,25	96.767,50	1.499.165,50	0,00	1.360.312,50
set/94	3.032.540,00	93.715,00	1.291.695,00	124.907,50	1.298.232,50
out/94	1.839.264,25	77.952,50	902.659,50	52.595,00	892.892,50
nov/94	2.276.680,00	93.817,50	862.535,00	108.597,50	1.042.450,00
dez/94	3.075.403,25	115.905,00	1.245.790,00	155.207,50	1.412.450,00
jan/95	1.928.942,50	88.910,00	789.029,00	86.932,50	854.655,00
fev/95	2.113.904,00	87.057,50	815.079,25	76.180,00	954.057,50
mar/95	2.495.447,50	117.365,00	1.026.370,00	99.890,00	1.123.267,50
abr/95	2.558.120,00	106.855,00	1.188.076,00	0,00	1.479.780,00
mai/95	3.009.547,50	109.665,00	1.328.145,00	0,00	1.486.907,50
jun/95	3.139.605,00	135.117,50	1.412.380,00	0,00	1.607.717,50
Total	**73.730.334,75**	**2.646.190,00**	**31.767.565,50**	**3.339.979,25**	**36.869.243,00**
Média[2]	**2.835.782,11**	**101.776,54**	**1.221.829,44**	**128.460,74**	**1.418.047,81**

Kg [1]Os dados nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril e maio de 1993 não foram fornecidos; [2] a média foi calculada baseada em 26 (vinte e seis) observações

TABELA 43 - Produção mensal de recicláveis da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP.

Mês/ano	Papelão (kg)	Plástico (kg)		Vidro (kg)		Metal (kg)				Total (kg)
		duro	filme	Vidro	Garrafa	Sucata ferrosa	Latas 1ª	Latas 2ª	Alumínio	Reciclado
dez/92	29.900	69.770	0	17.900	5.680	8.660	21.220	130.810	2.630	286.570
jan/93(1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
fev/93(1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
mar/93(1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
abr/93(1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
mai/93(1)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
jun/93	78.550	103.950	5.030	21.630	3.080	27.690	50.980	151.430	5.750	448.090
jul/93	66.570	91.130	4.120	26.710	4.880	36.940	42.000	182.330	4.600	459.280
ago/93	71.980	65.480	3.400	24.190	2.490	29.430	51.270	197.020	3.500	448.760
set/93	75.760	85.230	3.350	26.700	3.260	29.390	59.340	197.540	4.850	485.420
out/93	65.670	88.280	6.000	23.150	4.070	24.680	53.810	143.680	4.280	413.620
nov/93	44.200	40.120	5.300	33530	2790	24740	66.100	194.220	8450	419.450
dez/93	6.690	2.570	0	32.050	0	22.050	52.000	210.220	4.460	330.040
jan/94	54.890	91.890	0	33.760	13.790	52.460	47.730	180.510	3.540	478.570
fev/94	43.330	86.920	810	28.300	4.000	32.210	39.410	185.920	14.760	435.660
mar/94	17.350	91.760	0	36.240	4.440	45.950	49.400	203.080	8.490	456.710
abr/94	32.360	87.860	0	22.880	5.670	22.540	39.180	180.520	5.310	396.320
mai/94	35.370	62.110	2.070	30.860	900	32.550	36.860	170.990	9.300	381.010
jun/94	65.140	61.110	0	21.490	5.090	14.290	43.470	144.970	4.420	359.980
jul/94	50.510	42.900	370	17.280	2.290	27.470	47.050	100.670	4.230	292.770
ago/94	84.200	58.940	0	29.660	3.270	23.010	55.480	125.160	7.350	387.070
set/94	83.270	56.940	0	44.630	3.550	27.330	49.420	101.650	8.070	374.860
out/94	51.950	47.410	0	6.380	2.230	20.820	25.810	152.870	4.340	311.810
nov/94	50.930	55.710	0	0	3.310	19.130	37.340	207.780	1.070	375.270
dez/94	79.090	81.230	0	0	13.020	24.010	54.140	209.200	2.930	463.620
jan/95	36.790	45.230	0	17.020	11.670	23.500	28.340	189.490	3.600	355.640
fev/95	49.400	47.600	0	0	3.780	19.380	18.910	205.280	3.880	348.230
mar/95	71.380	48.810	0	29.410	5.400	36.200	43.350	232.260	2.650	469.460
abr/95	68.320	56.890	0	33.580	5.550	17.200	49.800	193.940	2.140	427.420
mai/95	67.520	35.580	0	0	5.770	12.620	62.350	251.960	2.860	438.660
jun/95	104.650	46.690	0	14.010	8.060	22.230	85.990	257.330	1.510	540.470

TABELA 43 - Produção mensal de recicláveis da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP (continuação).

		Plástico (kg)		Vidro (kg)		Metal (kg)				Total (kg)
Mês/ano	**Papelão (kg)**	**duro**	**filme**	**Vidro**	**Garrafa**	**Sucata ferrosa**	**Latas 1ª**	**Latas 2ª**	**Alumínio**	**Reciclado**
Total geral	1.485.770,00	1.652.110,00	30.450,00	571.360,00	128.040,00	676.480,00	1.210.750,00	4.700.830,00	128.970,00	10.584.760,00
Média geral(2)	57.145,00	63.543,00	1.171,00	21.975,00	4.925,00	26.018,00	46.567,00	180.801,00	4.960,00	407.106,00
Total (1992/1993)	439.320,00	546.530,00	27.200,00	205.860,00	26.250,00	203.580,00	396.720,00	1.407.250,00	38.520,00	3.291.230,00
Média (1992/1993)(3)	54.915,00	68.316,25	3.400,00	25.732,50	3.281,25	25.447,50	49.590,00	175.906,25	4.815,00	411.403,75
Total (1994)	648.390,00	824.780,00	3.250,00	271.480,00	61.560,00	341.770,00	525.290,00	1.963.320,00	73.810,00	4.713.650,00
Média (1994)(4)	54.032,50	68.731,67	270,83	22.623,33	5.130,00	28.480,83	43.774,17	163.610,00	6.150,83	392.804,17
Total (1995)	398.060,00	280.800,00	0,00	94.020,00	40.230,00	131.130,00	288.740,00	1.330.260,00	16.640,00	2.579.880,00
Média (1995)(5)	66.343,33	46.800,00	0,00	15.670,00	6.705,00	21.855,00	48.123,33	221.710,00	2.773,33	429.980,00

Kg (1)Os dados nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril e maio de 1993 não foram fornecidos; (2) a média foi calculada baseada em 26 (vinte e seis) observações; (3) a média foi calculada em 8 (oito) observações; (4) a média foi calculada em 12 observações; (5) a média foi calculada em 6 (seis) observações.

5.3 Resultados do levantamento dos riscos e dos agentes de risco à saúde trabalhador de usinas de reciclagem e compostagem

O objetivo desta etapa foi identificar os principais riscos e agentes de riscos que poderiam afetar a saúde e a segurança do trabalhador das usinas visitadas.

Os sistemas estudados foram os das usinas de Vitória, no Espírito Santo, de Jacarepaguá, no Rio de Janeiro, e de São Matheus em São Paulo.

Os sistemas são diferentes em concepção e disposição dos equipamentos; entretanto, as atividades desempenhadas nos setores são basicamente as mesmas.

A seguir serão descritos os setores de trabalho, relatando as principais funções desempenhadas pelos trabalhadores, identificando as situações de riscos, os agentes de risco principais. Baseado nestas informações, são apresentadas algumas sugestões para a melhoria do ambiente de trabalho em relação aos riscos observados.

5.3.1 Recepção

A recepção é o local de pesagem e de identificação dos caminhões. Os funcionários responsáveis pela pesagem ficam numa sala, onde registram, mecânica ou computacionalmente, o peso dos caminhões. Eles se comunicam com os motoristas por meio de uma janela, por onde passam os documentos inerentes à identificação e as pesagens do caminhão

Em geral as salas são refrigeradas com aparelhos de ar condicionado e os funcionários trabalham sentados e/ou em pé. Ao abrirem a janela para falar com os motoristas entram na sala de pesagem os gases provenientes dos canos de escapamento do caminhão.

Riscos identificados:

- riscos químicos: devido à inalação de CO_2 e CO.

- risco de ergometria: pois o trabalhador permanece muito tempo em pé ou sentado durante o expediente de trabalho.

5.3.2 Fossos de estocagem e moegas de alimentação

Neste setor foram identificadas 4 situações de risco, a saber:

1ª situação de risco: A descarga dos caminhões, para qualquer um dos procedimentos descritos no capítulo 3 (descarga dos resíduos em fossos ou nas moegas de alimentação ou no chão do pátio), durante todo o período de trabalho, suja o pátio, tornando-o escorregadio, o que é agravado com a presença dos líquidos provenientes dos resíduos. As piores situações foram observadas quando os resíduos são descarregados no chão para posteriormente serem lançados nas moegas e/ou nos fossos de estocagem.

Há a necessidade de lavagem periódica do chão para evitar o acúmulo de resíduos aderidos ao piso, o mau cheiro, a proliferação de vetores, e a presença de aves.

Os riscos identificados foram:

- riscos químicos: inalação de gases e pó dos resíduos;
- riscos biológicos: inalação de gases e pó dos resíduos;
- risco de queda: o trabalhador pode escorregar no chão e cair.

2ª Situação de risco: A descarga dos caminhões é feita com o auxílio de um funcionário ou pelo próprio motorista. Os caminhões compactadores são acionados, externamente, por alavancas que localizam-se nas laterais traseiras dos caminhões.

Para a descarga dos resíduos diretamente nos fossos, os caminhões são posicionados rente à superfície do fosso. Neste caso, observou-se que o funcionário está posicionado próximo da superfície do fosso para alcançar e acionar os comandos de descarga dos caminhões.

Os riscos identificados:

- risco de queda: o trabalhador pode escorregar e cair dentro do fosso.

3ª Situação de risco: O mecanismo de descarga dos caminhões compactadores bascula o lixo compactado para fora do caminhão pela sua parte traseira. Este processo de movimentação dos resíduos desequilibra o caminhão, elevando sua carroceria, deixando-a apoiada nas rodas traseiras. Às vezes, o motorista permanece dentro da cabine do caminhão durante esse procedimento. Quando o caminhão descarrega diretamente no fosso, há o risco de queda do caminhão para dentro do mesmo, juntamente com o motorista, podendo causar a sua morte. Além disso, há o risco físico (barulho proveniente do motor do caminhão), e o risco químico e biológico (inalação do CO e do CO_2 emitidos pelos canos de descarga dos caminhões e da poeira do lixo).

4ª Situação de risco: As caçambas de garra tipo pólipo são manejadas por um operador situado numa cabine, ligada à caçamba por cabos de aço. Este conjunto fica suspenso sobre os fossos de estocagem e as moegas de alimentação. O operador tem acesso à cabine por uma escada presa à parede e, em alguns casos, não há encosto de proteção em torno da escada. O operador trabalha sentado, e nem sempre a cabine possui um sistema de ventilação adequado.

Os riscos identificados foram:

- riscos ergométricos: o operador permanecer sentado por um longo tempo durante a jornada de trabalho;
- risco físico: má circulação do ar no interior da cabine, barulho dos motores dos caminhões;
- risco químico e biológico: inalação de gases e poeira do lixo;
- risco de queda do trabalhador: falta do encosto de proteção em torno da escada que dá acesso à cabine suspensa

5.3.3 Setores localizados após a moega de alimentação do processo

Esses setores variam para cada sistema, mas possuem características semelhantes. Os resíduos provenientes das moegas de alimentação entram no

processo por meio do chão movediço ou de um tambor revolvedor, e na saída destes equipamentos ficam alguns funcionários.

Os funcionários trabalham em pé e suas funções são de catação de materiais recicláveis, abertura de sacos plásticos, retirada de materiais que não podem entrar em processo (materiais que causam entupimentos nas linhas de processamento etc.).

Estes locais possuem iluminação fraca e são pouco ventilados; há muito pó proveniente dos resíduos; gases e mau cheiro; há o barulho da queda dos resíduos nos equipamentos -moegas, chão movediço, tambor revolvedor.

Os riscos observados foram:

- risco ergométrico: os trabalhadores permanecem em pé por muito tempo, manuseando objetos pesados;
- risco de corte: os trabalhadores manuseiam objetos cortantes e perfurantes;
- risco químico e biológico: inalação de gases e poeira provenientes do lixo e possibilidade de corte das mãos;
- risco físico: barulho proveniente dos motores e das quedas dos resíduos nas moegas ou nos tambores revolvedores e a iluminação fraca.

5.3.4 Catação dos materiais recicláveis

A catação de materiais recicláveis ocorre, principalmente, nas linhas de catação, podendo ocorrer em outras partes do processo. Independente do local, esta atividade procede da mesma maneira: os funcionários ficam posicionados em frente a um transportador de correia por onde passam os resíduos, e retiram os materiais recicláveis. Estes materiais são colocados em latões ou contêineres, localizados próximo aos funcionários, ou lançados em dutos para um outro setor de onde os resíduos são remanejados.

Durante a manipulação dos resíduos, parte destes caem no chão do setor, que necessitava ser limpo periodicamente para evitar acidentes por escorregamento e a proliferação de vetores.

Os riscos identificados para essa atividade foram:

- risco de corte: os trabalhadores manuseiam objetos cortantes e perfurantes;

- risco ergométrico: os trabalhadores permaneciam por muito tempo em pé, e manuseiam objetos pesados - sucatas, sacos grandes e pesados;
- riscos químicos: inalação de gases e poeira dos resíduos;
- riscos biológicos: contaminação por microrganismos patogênicos devido ao manuseio dos resíduos, a possibilidade de corte e a inalação de gases e pó dos resíduos;
- risco de corte: a possibilidade de corte, principalmente das mãos;
- risco de queda: o trabalhador pode escorregar e cair, pois o chão fica sujo dos resíduos;
- risco físico: barulho dos resíduos caindo nos latões e nos dutos, barulho dos motores do transportador de correia.

5.3.5 Remoção de materiais ferrosos por eletroímã suspenso

O eletroímã existe nos três sistemas estudados, porém encontra-se desativado na usina de Vitória. Durante o processo há o barulho dos motores do eletroímã e das latas chocando-se contra ele e caindo nas canaletas de condução dos ferrosos.

Os riscos identificados foram:

- riscos físicos: barulho intenso e constante, próximo ao equipamento
- risco de lesões nos membros: colocação da mão, contendo algum objeto ferroso, sob o eletroímã em funcionamento. O objeto poderia ser atraído pelo campo magnético carregando a mão do funcionário, provocando um acidente.

5.3.6 Saída dos bioestabilizadores

Os bioestabilizadores estão presentes nos processos das usinas de Jacarepaguá e de São Matheus. Na saída dos bioestabilizadores há um setor no qual os funcionários fazem o desentupimento destes equipamentos. Alí, os funcionários permanecem em pé, e o local possui bastante poeira proveniente do interior dos bioestabilizadores. O desentupimento é feito com o auxílio de uma barra de ferro, que

serve para puxar o material causador do entupimento para fora do bioestabilizador. Este material é recolocado na linha de processamento.

Os riscos observados foram:

- risco ergométrico: permanência em pé por muito tempo e deslocamento de peso excessivo decorrente do material de entupimento;
- risco químico: inalação de gases e poeira
- risco biológico: inalação de gases e poeira e a possibilidade de cortes no corpo.
- risco de queda do trabalhador: o trabalhador pode cair ao puxar o material de entupimento;
- risco de cortes: o corpo do trabalhador pode se chocar contra as paredes do bioestabilizador e causando-lhe cortes.

5.3.7 Peneiras rotativas primárias e secundárias

As peneiras rotativas primárias e secundárias estão presentes nos processos de Jacarepaguá e de São Matheus. Neste setor não há funcionários localizados, mas é um local onde há muita poeira, muito barulho devido aos motores das peneiras rotativas e a queda dos resíduos durante o processo de peneiramento.

Os riscos identificados foram:

- riscos químicos: inalação de poeira proveniente do lixo;
- riscos biológicos: inalação de poeira proveniente do lixo;
- riscos físicos: barulho intenso e constante proveniente dos motores;
- risco de queda: o trabalhador pode cair durante o desentupimento da peneira.

5.3.8 Terminal de rejeito

É o local de descarga dos rejeitos, e é diferente para cada sistema.

Na usina de Jacarepaguá, os rejeitos caem, por meio de duas moegas, diretamente sobre as caçambas ou carretas. Os funcionários são responsáveis pelo direcionamento manual da queda dos resíduos pelo deslocamento das chapas

defletoras. O barulho dos resíduos batendo nas laterais da moega durante a queda é intenso e há muita poeira proveniente dos rejeitos.

O prédio é alto, e os riscos identificados foram:

- risco de queda: o trabalhador pode cair em caso de algum mal-estar ou por escorregar;
- risco químico: inalação de poeira dos rejeitos;
- risco biológico: contaminação por microrganismos patogênicos, inalação de poeira dos rejeitos;
- risco físico: barulho intenso e constante dos motores e dos resíduos caindo e batendo nos dutos.

Na usina de São Matheus, os rejeitos do processo caem diretamente sobre uma baia de recicláveis. Os rejeitos são transferidos para a caçamba de uma carreta com o auxílio de um trator com pá mecânica e conduzidos ao aterro. Não há funcionários específicos no setor. Os riscos identificados foram:

- risco químico: inalação de poeira proveniente dos resíduos
- risco biológico: inalação de poeira proveniente dos resíduos.

Na usina de Vitória, os rejeitos do processo são produzidos no beneficiamento do composto. Eles são acumulados na saída da peneira rotativa e transferidos para a caçamba de uma carreta com o auxílio de um trator com pá mecânica, e então removidos para aterro. Não há um funcionário específico no local. O setor possui bastante poeira proveniente dos resíduos.

Os riscos identificados foram:

- risco químico: inalação de poeira proveniente dos resíduos;
- risco biológico: inalação de poeira proveniente dos resíduos.

5.3.9 Terminal de composto

O terminal do composto é o local de onde sai a matéria orgânica para ser conduzida ao pátio de compostagem.

Na usina de Vitória, a matéria orgânica sai da esteira de catação após o processo de triagem dos recicláveis. Nas usinas de Jacarepaguá e de São Matheus a matéria orgânica sai das peneiras rotativas secundárias.

A matéria orgânica cai dos transportadores de correia formando uma pilha no chão do pátio. Este material, em geral, é conduzido ao pátio de compostagem com o auxilio de uma pá mecânica e/ou um caminhão basculante.

Os locais são amplos e não há um funcionário específico. Há muita poeira provocada pela queda dos resíduos, e um cheiro forte devido a matéria orgânica estar "in natura" na Usina de Vitória, e não estabilizada nas usinas de Jacarepaguá e de São Matheus.

Os riscos observados foram:

- risco químico: risco de inalação de poeira dos resíduos e dos gases provenientes do processo de compostagem.
- risco biológico: risco de inalação de poeira dos resíduos e dos gases provenientes do processo de compostagem.

5.3.10 Pátio de compostagem

No pátio de compostagem ficam dispostos os resíduos orgânicos, em forma de pilhas com perfil triangular, para o desenvolvimento do processo de compostagem.

Desenvolvido somente nas usinas de Vitória e de Jacarepaguá, o processo é acompanhado por biólogos que controlam, periodicamente, seus parâmetros. Há presença de aves e insetos (moscas, mosquitos etc.).

Os riscos observados foram:

- riscos químicos: inalação de poeira
- riscos biológicos: inalação de poeira, contaminação por microrganismos patogênicos
- risco de queda: o trabalhador pode escorregar na lama produzida pelo chorume e/ou pelas águas de chuvas misturados aos resíduos, formando lama.

5.3.11. Beneficiamento do composto

É o local onde há o peneiramento do composto liberado para a venda, existindo somente nas usinas de Jacarepaguá e de Vitória. Em geral há um funcionário controlando o processo.

No local há muita poeira provocada pelo peneiramento do composto seco. Há o barulho dos motores da peneira e dos transportadores de correia ou de canecos.

Os riscos identificados foram:

- risco químico: inalação de poeira;
- risco biológico: inalação de poeira;
- risco físico: barulho intenso e constante dos motores;
- risco de queda: o trabalhador pode escorregar no composto úmido e cair no chão; queda durante o processo de desentupimento da peneira rotativa;
- risco de corte: devido ao desentupimento da peneira rotativa.

5.3.12 Motoristas e operadores de trator

Em todas as usinas há caminhões e pás mecânicas para transporte e manuseio dos resíduos. Os riscos observados para esses trabalhadores foram:

- risco químico: inalação de poeira;
- risco biológico: inalação de poeira;,
- risco ergométrico: o trabalhador permanece sentado por muitas horas;
- risco físico: barulho intenso dos motores.

6 DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

6.1 Sobre a Usina de Jacarepaguá

Os dados fornecidos pela administração da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá, foram correlacionados por meio de tabelas e gráficos, apresentados no anexo D, e discutidos nos itens 6.1.4 e 6.1.5. As caracterizações físicas dos resíduos sólidos nas linhas do processo estão discutidas no item 6.1.1.

6.1.1 Sobre a caracterização física dos resíduos sólidos presentes nas linhas de rejeito provenientes das linhas de catação primária

Analisando a caracterização física dos resíduos sólidos que são destinados ao terminal de rejeito provenientes das mesas de catação primária, cujo resumo dos resultados estão apresentados na tabela 44, nota-se:

- Os tecidos apresentam-se bastante sujos e molhados, sem condições para a reciclagem.
- Não foi encontrado vidro nas amostras analisadas.
- O teor de metais ferrosos foi encontrado na faixa de 2,2% e 3,12%
- Durante a amostragem na esteira de catação, observou-se que os resíduos apresentavam-se distribuídos uniformemente e havia poucos sacos fechados; as latas ferrosas que estavam sob a massa de resíduos não eram removidas pelo eletroímã suspenso e seguiam para a linha de rejeito.
- As frações de matéria orgânica encontradas, 20,33% e 13,22%, por serem bem menores do que a dos recicláveis, são indicativos de que as peneiras de separação

primária enviam um percentual maior de recicláveis para as mesas de catação primária do que a matéria orgânica.

TABELA 44 - Resumo dos resultados da caracterização do rejeito das mesas de catação primária.

Material	Fração (%)	Fração (%)	Média (%)
Matéria orgânica putrescível [1]	20,33	13,22	16,78
Papel higiênico	2,27	1,49	1,88
Outros [2]	3,64	9,81	6,73
Tecido	8,45	9,06	8,76
Plástico filme [3]	9,13	15,01	12,07
Papel jornal	44,85	30,31	37,58
Plástico filme [4]	0,14	5,20	2,67
PET	0, 41	0,74	0,37
Plástico Duro	0,89	1,49	1,19
Lata Ferrosa	2,20	3,12	2,66
Lata de alumínio	-	0,15	0,08
Papelão	4,46	6,69	5,58
Papel branco	3,23	3,71	3,47
Total	**100,00**	**100,00**	**100,00**

[1] folhas, alimentos, pedaços de papel em pequenas dimensões; [2] pedaços de madeira, isopor, fraldas e absorventes higiênicos, borracha, espuma, couro e outros materiais não recicláveis, papel celofane, embalagens metalizadas, lâmpada, espelho, papel carbono, outros não recicláveis; [3] plásticos filmes não comercializáveis pela cooperativa; [4] plásticos filmes comercializável pela cooperativa; [5] foram encontradas 12 latas (de refrigerante) de alumínio.

- As frações dos materiais recicláveis comercializados pela cooperativa e destinadas ao aterro (plásticos comercializáveis, papel branco, papelão, alumínio, metal ferroso) são da ordem de 11,33% e 21,10%.
- O papel jornal não estava sendo comercializado no período de realização do presente trabalho. Devido a isto, as frações encontradas são extremamente altas, da ordem de 44,85% e 30,31%, apesar do material apresentar-se em boas condições de comercialização.
- Considerando o rejeito do processo todos os recicláveis não comercializados pela cooperativa (matéria orgânica, papel higiênico, outros, papel jornal, tecidos e plástico filme), estas frações somam 88,67% e 78,90%. Estes valores indicam que o processo de remoção de recicláveis comercializáveis estava atingindo um bom padrão de remoção. Entretanto, se retirarmos a fração do papel jornal, por considerá-lo como reciclável em

condições de comercialização, a soma das frações restantes atinge 43,82% e 48,59%. Deste modo, mais de 50% dos resíduos destinados ao aterro são recicláveis em boas condições de comercialização.

6.1.2 Sobre a caracterização física dos resíduos presentes nos transportadores de correia da linha de alimentação dos bioestabilizadores

Analisando a caracterização física dos resíduos sólidos presentes nos transportadores de correia da linha de alimentação dos bioestabilizadores, cujo resumo dos resultados estão apresentados na tabela 45, nota-se:

TABELA 45 - Resumo dos resultados da caracterização do transportador de correia na alimentação dos bioestabilizadores.

Material	Fração (%)	Fração (%)	Média (%)
Matéria orgânica putrescível [1]	42,52	49,83	46,18
Papel higiênico	4,68	5,52	5,10
Papel[2]	12,28	9,28	10,78
Outros [3]	13,74	11,05	12,40
Tecido	2,15	3,65	2,90
Plástico filme [4]	9,75	5,86	7,81
Filme fotográfico	-	0,11	0,06
PET	-	0,55	0,28
Plástico Duro	3,30	2,43	2,87
Lata Ferrosa	3,22	2,10	2,66
Lata de alumínio	1,30	0,88	1,09
Papelão	4,76	4,10	4,43
Vidro[5]	2,30	4,64	3,47
Total	**100,00**	**100,00**	**100,00**

[1] folhas, alimentos, pedaços de papel de pequena dimensão; [2] estão incluídos os papéis tipo jornal e branco, pois apresentavam-se bastante fragmentados e molhados, de difícil catação; [3] pedaços de madeira, isopor, fraldas e absorventes higiênicos, borracha, espuma, couro, sola de sapato, calçados inteiros (tênis, chinelos, sandálias de couro), cabo de panela e outros materiais não recicláveis; [4] plásticos filmes não comercializáveis pela cooperativa; [5] caco

- O papel jornal, o papel branco e o papelão são difíceis de serem catados no transportador de correia por possuírem pequenas dimensões; apresentam-se sujos e molhados, condições estas de difícil comercialização.

- As frações de matéria orgânica encontradas na ordem de 42,52% e 49,83%, por serem bem maiores do que as dos recicláveis, indicam, mais uma vez, que as peneiras de separação primária dividem o fluxo de resíduos enviando a matéria orgânica em maiores proporções para os bioestabilizadores do que para as mesas de catação.
- As frações de vidro são compostas somente por cacos, e os valores encontrados são da ordem de 2,30% e 4,64%.
- Considerando os recicláveis retirados para comercialização (filmes fotográficos, PET, plástico duro, latas ferrosas, alumínio, vidro), cujas frações são da ordem de 12,27% e 10,71%, é necessária a existência de alguns postos de catação nestas linhas do processo, tendo em vista que são contaminantes do processo de compostagem e que podem danificar internamente, por abrasão, os bioestabilizadores.
- Os metais ferrosos e não ferrosos apresentavam-se na faixa de 4,52% e 2,98%.
- As frações de matéria orgânica, dos papéis e dos papelões destinados para o processo de compostagem totalizaram 64,24% e 68,73%.

6.1.3 Sobre a caracterização física da linha de rejeito das saídas das peneiras secundárias

Analisando a caracterização física dos resíduos sólidos presentes nas linhas de rejeito das saídas das peneiras secundárias, cujo resumo dos resultados estão apresentados na tabela 46, nota-se:

- Os materiais recicláveis saem dos bioestabilizadores muito contaminados com o composto cru, possuindo aspecto de difícil identificação.
- Os plásticos filmes saem sem pigmentos e muito fragmentados.
- As latas de alumínio e as ferrosas saem sem as tintas dos rótulos e cheias com composto cru.
- Os plásticos duros saem fragmentados.
- Tecidos saem inteiros porém muito sujos e sem condição para a reciclagem.

- O caco de vidro, um contaminante do composto, foi retirado durante a caracterização física com grandes dificuldades. Portanto, é importante a retirada das embalagens de vidro, comercializáveis ou não, antes das peneiras de separação primária, pois é somente nesta fase do processo que as embalagens estão inteiras. Após as peneiras primárias, e nas demais fases do processo, o vidro está presente somente na forma de caco.

TABELA 46 - Resumo dos resultados da caracterização do rejeito das peneiras secundárias.

Material	Fração (%)	Fração (%)	Média (%)
Rejeito[1]	20,78	14,00	17,39
Rejeito[2]	13,67	14,61	14,14
Tecido	17,01	19,79	18,40
Plástico filme	32,78	30,90	31,84
Plástico duro	7,96	10,20	9,08
PET	1,51	1,83	1,67
Lata Ferrosa[3]	2,90	2,13	2,52
Lata de alumínio[3]	1,40	4,87	3,14
Vidro	1,99	1,67	1,83
Total	**100,00**	**100,00**	**100,00**

[1] partículas de pequenas dimensões: composto cru, alimento não decomposto nos bioestabilizadores (cascas de frutas, bagaço de milho verde etc.), cacos de vidro, fragmentos de tecidos etc.; [2] materiais de dimensões maiores do que os citados anteriormente: pedra, isopor, couro, madeira, osso, borracha, chinelo, sapato, outros não identificados; [3] as latas estavam amassadas e cheias com composto cru.

- As maiores frações encontradas são as de plástico filme, na ordem de 32,78% e 23,11%; e as de rejeito, que são da ordem de 34,45% e 28,61%.
- Como os recicláveis apresentam características difíceis para serem comercializados, com exceção dos metais, os setores de catação secundários priorizaram a catação destes resíduos. Entretanto, no período de realização deste estudo, não ocorria a catação de recicláveis neste setor.
- As frações de metais apresentam 4,30% e 7,00%.
- Foram constatadas frações de 20,78% e de 14,00% de alimentos não decompostos nos bioestabilizadores, como cascas e bagaços de frutas por exemplo, que são descartados do processo de compostagem como rejeito.

6.1.4 Sobre a produção de recicláveis e rejeitos, e dos problemas de paradas de processo

- Sobre a produção geral

De acordo com os dados apresentados e excluindo jan/95 por ter sido um mês atípico, nos meses de dez/92 e jan/93 foram processadas as menores quantidades de lixo por mês (3.711.102kg e 7.782.306kg). As médias do processo estão apresentadas na tabela 47:

TABELA 47 - Médias das produções, por períodos, obtidas na usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ.

Resíduos	Médias (kg)		
	dez/92 - dez/93 (1)	jan/94 - dez/94 (2)	abr/95 - jul/95 (3)
lixo processado	9.318.857	9.852.674	11.341.423
reciclável	411.373	148.895	363.873
rejeito	3.330.690	4.024.185	3.841.058
composto	4.590.218	4.493.318	5.194.825

(1) a média foi calculada baseada em 13 observações; (2) a média foi calculada baseada em 12 observações; (3) a média foi calculada baseada em 4 observações.

A comparação percentual das médias das produções estão apresentadas na tabela 48, e observa-se que:

- A média de *lixo processado* no período de jan/94 - dez/94 aumentou 5,73% em relação ao período de dez/92 - dez/93; no período de abr/95 - jul/95 aumentou 21,70% em relação ao período de dez/92 - dez/93;
- Apesar do aumento da média do lixo processado, as médias das *produções de recicláveis* decresceram nos mesmos períodos. De jan/94-dez/94 houve um decréscimo de 64% em relação ao período de dez/92-dez/93; em abr/95-jul/95 a queda foi de 11,54% em relação ao período de dez/92-dez/93;
- As médias da *produção de rejeito* tiveram aumento em relação ao período de dez/92-dez/93: de jan/94-dez/94 o aumento foi de 20,82%; de abr/95-jul/95 o aumento foi de 15,32%;

- As médias da *produção de composto* em relação ao período de dez/92-dez/93 foram de: jan/94-dez/94 o decréscimo foi de 2,11%; abr/95-jul/95 o aumento foi de 13,17%.

TABELA 48 - Comparação percentual das médias das produções obtidas na usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ.

Resíduos	Relações percentuais (%)[1]	
	jan/94 - dez/94[2]	abr/95 - jul/95[2]
lixo processado	+ 5,73	+ 21,70
reciclável	- 64,00	- 11,54
rejeito	+ 20,82	+ 15,32
composto	- 2,11	+ 13,17

[1] o sinal (-) indica 'queda de produção'; o sinal (+) indica 'aumento de produção; [2] o período de comparação foi de dezembro de 1992 a dezembro de 1993.

Calculou-se a média para períodos de tempos iguais, cujos resultados estão apresentados na tabela 49:

TABELA 49 - Médias das produções, por períodos iguais, obtidas na usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ.

Resíduos	Médias (kg)						
	Janeiro a junho [1]		abril a junho [2]			junho a dezembro[3]	
	1993	1994	1993	1994	1995	1993	1994
lixo processado	9.595.482,17	9.950.379,83	9.722.957,33	9.347.456,33	10.544.680,00	9.955.848,00	9.599.517,00
reciclável	440.099,67	188.285,08	493.553,00	111.142,33	380.758,33	427.245,33	107.904,29
rejeito	3.338.338,67	3.786.335,17	3.241.744,00	3.691.500,33	3.621.963,33	3.592.887,86	4.245.133,00
composto	5.132.736,00	4.296.388,33	5.509.726,67	3.014.303,33	4.503.236,67	4.893.494,57	4.439.303,00

[1] a média foi calculada baseada em 6 observações; [2] a média foi calculada baseada em 3 observações; [3] a média foi calculada baseada em 7 observações

A comparação percentual das médias das produções estão apresentadas na tabela 50, e observa-se que:

- A média de *lixo processado* no período de jan/94 - jun/94 aumentou 3,7% em relação ao período de jan/93 - jun/93; no período de abr/94 -jun/94 diminuiu 3,86% em relação ao período de abr/93-jun/93; no período de abr/95 - jul/95

aumentou 8,45% em relação ao período de abr/93-jun/93; no período de jun/94 - dez/94 diminuiu 3,58% em relação ao período de jun/93 -dez/93.

- Apesar dos aumentos das médias do lixo processado as médias das *produções de recicláveis* diminuiu todos os períodos, quando comparados ao ano de 1993: no período de jan/94 - jun/94 diminuiu 57,22% em relação ao período de jan/93 - jun/93; no período de abr/95 - jul/95 diminuiu 22,85% em relação ao período de abr/93-jun/93; no período de jun/94 - dez/94 diminuiu 74,74% em relação ao período de jun/93 -dez/93; no período de abr/94 -jun/94 diminuiu 77,48% em relação ao período de abr/93-jun/93;
- As médias da *produção de rejeito* aumentou todos os períodos, quando comparados ao ano de 1993: no período de jan/94 - jun/94 aumentou 13,42% em relação ao período de jan/93 - jun/93; no período de abr/94 -jun/94 aumentou 13,87% em relação ao período de abr/93-jun/93; no período de abr/95 - jul/95 aumentou 11,73% em relação ao período de abr/93-jun/93; no período de jun/94 - dez/94 aumentou 18,15% em relação ao período de jun/93 -dez/93.
- As médias da *produção de composto* no período de jan/94 - jun/94 diminuiu 16,29% em relação ao período de jan/93 - jun/93; no período de abr/94 -jun/94 diminuiu 45,29% em relação ao período de abr/93-jun/93; no período de abr/95 - jul/95 diminuiu 18,27% em relação ao período de abr/93-jun/93; no período de jun/94 - dez/94 diminuiu 9,28% em relação ao período de jun/93 -dez/93.

TABELA 50 - Comparação percentual, em períodos iguais, das médias das produções obtidas na usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ.

	Relações percentuais (%)[1]			
Resíduos	**jan/94 - jun/94**[2]	**abr/94 - jun/94**[4]	**abr/95 - jun/95**[4]	**jun/94 -dez/94**[3]
lixo processado	+ 3,70	- 3,86	+ 8,45	- 3,58
reciclável	- 57,22	- 77,48	- 22,85	- 74,74
rejeito	+ 13,42	+ 13,87	+ 11,73	+ 18,15
composto	- 16,29	- 45,29	- 18,27	- 9,28

[1] o sinal (-) indica queda de produção de resíduos; o sinal (+) indica aumento de produção; [2] o período de comparação foi de janeiro de 1993 a junho de 1993; [3] o período de comparação foi de junho de 1993 a dezembro de 1993; [4] o período de comparação foi de abril de 1993 a junho de 1993.

Observa-se na figura D-1 e na tabela 35 que:

- A *produção de recicláveis* apresenta um aumento de mar/93 a ago/93 com uma pequena variação nos meses de set/93 e out/93. No período de nov/93 até dez/94 a produção apresenta uma queda contínua. No período de nov/93 a jan/95 existiram vários picos, a saber: de lixo processado (dez/93, mar/94, mai/94, ago/94, dez/94); de composto (dez/93, mar/94, ago/94); de rejeito (dez/93, mar/94, mai/94, ago/94, dez/94);
- A *produção de composto* apresenta um quantitativo maior do que o de *rejeito*, exceto nos meses de abr/94, mai/94, jun/94, jul/94;
- Houve coincidência nos meses de pico das curvas de *lixo processado e de rejeito;*
- O período de abr/93 a nov/93, apresenta um aumento do *lixo processado* e uma queda na *produção de rejeito;*
- A partir do mês de nov/93 o comportamento da curva alterou significativamente nos períodos de: nov/93 a dez/93; dez/93 a mar/94; abr/94 a jul/94; jul/94 a nov/94. Estes períodos apresentam os picos de processamento de lixo (lixo processado, rejeito, composto). Além disso, comparando com as figuras D-4, D-5 e D-6, no mesmo período, há queda quase contínua dos tempos totais de operação da usina e, conseqüentemente, um aumento no total dos tempos de paradas do processo. Tais indícios caracterizam os períodos em que ocorreram problemas operacionais que afetaram a produção de produtos e subprodutos do processo.

As curvas de 'perda e/ou acúmulo mensal e total', representadas na figura D-1, correspondem à diferença entre o lixo processado menos o total reciclado menos o rejeito menos o composto mais o que foi acumulado no mês anterior.

Considerou-se no primeiro mês, por não haver produção de composto, que todo o lixo perdido e/ou acumulado foi destinado para alimentação dos bioestabilizadores, observada na equação (1), seguinte:

O que entra no processo (lixo processado) - O que sai do processo (recicláveis, composto, rejeito) = Acumulado + perdas (resíduos domiciliares, recicláveis, rejeito, composto, perdas por evaporação, perdas no transporte interno, etc) (1)

Nos meses subseqüentes, por não haver registros das quantidades de resíduos acumulados nas unidades da usina (moegas de alimentação, baias de estocagem de recicláveis, bioestabilizadores, pátios de compostagem) e o efetivamente perdido, somou-se o quantitativo acumulado do mês anterior ao quantitativo de lixo processado e subtraíram-se todas as saídas do processo, representado na equação (2):

O que entra no processo (lixo processado) + Acumulado + perdas (resíduos domiciliares, recicláveis, rejeito, composto, perdas por evaporação, perdas no transporte interno, etc) **(eq.1)** - O que sai do processo (recicláveis, composto, rejeito) = Acumulado + perdas(resíduos domiciliares, recicláveis, rejeito, composto, perdas por evaporação, perdas no transporte interno, etc) (2)

Nesta equação, por não haver geração de produto, as parcelas deveriam se anular. Entretanto observa-se na figura D-1 que, em alguns meses a equação (1) (perda e/ou acúmulo mensal) fornece uma curva com pontos positivos e negativos, e a equação (2) (perda e/ou acúmulo total), fornece uma curva positiva e crescente.

A curva de perdas e/ou acúmulo apresenta uma mudança no comportamento nos mesmos meses anteriormente identificados como sendo característicos de problemas de produção, de nov/93 a dez/94, que pode ser observado na figura D-1. Há 4 intervalos nítidos de mudança de comportamento da curva: de nov/93 a dez/93; de dez/93 a mar/94; de mar/94 a jul/94; jul/94 a nov/94.

- Sobre os problemas de parada do processo

Os tempos de parada e de operação da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá-RJ, estão representados nas figuras D-3 e D-4. Observa-se que:

- Os picos de horas de operação ocorreram nos meses abr/93, jul/93, nov/93, mar/94, mai/94, ago/94, dez/94, coincidindo com alguns picos de lixo processado;
- Os dois picos inferiores de horas de operação, abr/94 e jul/94, coincidem com os picos de queda de produção e de lixo processado;
- As médias de horas de operação e de paradas estão representados na tabela 51:

TABELA 51 - Médias dos tempos de paradas e de operação, por períodos, usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ.

Tempos	Médias (fração de hora)		
	jan/93 -dez/93 (1)	jan/94 - dez/94 (1)	abr/95 - jul/95 (3)
de operação	845,43	670,34	639,53
de parada	156,80	363,64	352,91

(1) média calculada baseada em 12 observações; (2) média calculada em 4 observações.

Dentre os motivos de parada (*defeito mecânico, outros e entupimento nas linhas*), o item *outros* apresenta os maiores tempos de parada de processo. Considerando os totais de tempos de paralisação e de operação e os totais de tempo provável de trabalho, tem-se as seguintes relações:

⇒ Total de tempo de paralisação / total de tempo provável = 26,95%
⇒ Total de tempo de funcionamento / total de tempo provável = 73,03%

⇒ Total de outros / total de tempo de parada = 45,29%
⇒ Total de defeito mecânico / total de tempo de parada = 25,71%
⇒ Total de tempo de entupimento / total de tempo de parada = 22,07%
⇒ Total de defeito elétrico / total de tempo de parada = 2,38%
⇒ Total de carreta / total de tempo de parada = 1,08%
⇒ Total de lixo / total de tempo de parada = 3,47%

Observa-se que o item *"outros"* corresponde a 45,29% do total de tempo de parada, portanto, tal item deveria ser mais específico para que os motivos que levaram à parada do processo pudessem ser mais bem estudados.

Os defeitos mecânicos e os problemas de entupimento foram os dois maiores motivos que levaram à parada do processo, logo após o item 'outros', correspondendo a 25,71% e a 22,07%, respectivamente. Tais itens estão apresentados de forma genérica, ou seja, não estão especificando os equipamentos que apresentaram os referidos problemas. Entretanto, como foi registrado por GALVÃO Jr. (1994), muitas usinas fecharam por não suportar os custos apresentados devido aos problemas mecânicos.

Os problemas de parada no processo provocado por entupimento das linhas foram identificados em várias operações unitárias utilizadas, comentadas no item 6.4.

- Sobre as eficiências do processo

Para o cálculo das eficiências foram consideradas as seguintes relações:

a) Eficiência em relação ao lixo processado = (produção de reciclável / lixo processado)*100

b) Relação percentual em peso dos recicláveis = (produção do reciclável / total de reciclado)*100

c) Eficiência em relação da quantidade de reciclável existente = (reciclado produzido / qtde de reciclável existente)*100

quantidade de reciclável existente = % caracterização * lixo processado

Os resultados estão apresentados nas tabelas D-2, D-3, D-4 e representados nas figura D-7, D-8, D-9, em anexo.

- Em relação ao lixo processado

A eficiência de remoção de recicláveis em relação ao lixo processado ficou na faixa de 0,01% (metais não ferrosos) a 2,75% (papel e papelão).

O papel e o papelão, os plásticos, os metais ferrosos são os materiais que apresentaram maiores eficiências. Os metais não ferrosos e vidro são os materiais que apresentaram menores eficiências.

O valores máximos e mínimos encontrados em relação aos resíduos recicláveis e em relação ao composto e rejeito estão apresentados na tabela 52.

TABELA 52 - Relações percentuais das produções de resíduos em relação ao lixo processado (valores médios, máximos e mínimos), da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ.

Material	Média [2] (%)	Maior valor (%)	Menor valor (%)	Referências[1] (%)
papel e papelão	1,27	2,75 (dez/92)	0,16(nov/94)	-
plástico	0,82	2,04 (dez/92	0,05 (nov/94)	-
metal ferroso	0,75	1,44 (out/93)	0,24(abr/95)	-
metal não ferroso	0,06	0,11 (dez/92)	0,01 (nov e dez/94)	-
vidro	0,21	0,20 (jul/95)	0,47% (ago/93)	-
Total	**3,11**	**6,54**	**0,93**	**1,21 - 6,20**
composto	45,55	61,75 (abr/93)	14,83 (abr/95)	**29,41 - 53,79**
rejeito	37,57	51,06 (nov/94)	29,09 (abr/95).	**44,27 - 64,39**

[1]GALVÃO Jr., 1994 - anexo F; [2] média correspondente a 29 observações (de dezembro de 1992 a julho de 1995).

Observa-se que os valores encontrados estão próximos as faixas de valores apresentados por GALVÃO Jr., 1994 (anexo F), exceto o maior e menor valor encontrado para o composto, e a média da produção encontrada para o rejeito. A produção média de composto corresponde à 45,55% do lixo processado; a produção média de rejeito corresponde à 37,57% do lixo processado; a produção média de reciclável corresponde à 3,11% do lixo processado.

As médias encontradas, segundo os respectivos períodos, estão apresentados na tabela 53.

TABELA 53 - Médias das eficiências do processo em relação ao lixo processado, por período, da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá-RJ.

Resíduos	Médias (%)								
	dezembro a dezembro[1]	abril a julho[2]	janeiro a junho[3]		abril a junho[4]			junho a dezembro[5]	
	1992 - 1994	1995	1993	1994	1993	1994	1995	1993	1994
papel e papelão	1,17	1,87	1,93	0,57	2,18	0,36	1,99	1,67	0,34
plástico	0,81	0,90	1,33	0,46	1,38	0,33	1,07	1,16	0,15
metal ferroso	0,81	0,41	0,92	0,62	1,10	0,35	0,43	1,10	0,53
vidro	0,24	0,04	0,34	0,18	0,36	0,13	0,05	0,34	0,09
metal não ferroso	0,05	0,08	0,07	0,04	0,06	0,03	0,09	0,06	0,03
Total	**3,08**	**3,30**	**4,59**	**1,87**	**5,08**	**1,20**	**3,63**	**4,33**	**1,14**
rejeito	38,28	33,18	34,98	37,92	33,35	39,21	33,32	36,18	44,50
composto	46,23	41,28	53,14	43,06	56,75	33,32	37,40	49,19	46,11

[1] a média foi calculada baseada em 25 observações; [2] a média foi calculada baseada em 4 observações; [3] a média foi calculada em 6 observações; [4] a média foi calculada baseada em 7 observações; [5] a média foi calculada baseada em 3 observações.

Tais resultados encontram-se dentro das faixas de valores apresentadas por GALVÃO Jr.,1994 (anexo F), exceto para o período de junho a dezembro de 1994.

- Em relação ao total de recicláveis produzidos

A média da eficiência dos recicláveis em relação ao total de reciclável produzido indica que papel e papelão, metais ferrosos e plástico foram os principais materiais segregados, seguidos pelos vidros e metais não ferrosos. As médias encontradas foram:

TABELA 54 - Relações percentuais em peso dos produtos e rejeito, em relação ao peso total de recicláveis produzidos (valores médios, máximos e mínimos), da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ.

Material	Média (%)[2]	Maior valor (%)	Menor valor (%)	Referência [1] (%)
papel e papelão	38,17	65,74 (jul/94)	18,29 (nov/94)	20 - 30
plástico	23,76	32,51 (dez/92)	6,62 (set/94)	>30
metal ferroso	28,99	67,36 (nov/94)	13,17 (mai/95)	> 30
vidro	7,13	14,47 (mai/94)	0,21 (jul/95)	5 - 15
metal não ferroso	1,96	4,02 (out/94)	1,07 (abr/93)	0,4 - 0,8
Total	**100,00**	-	-	-
composto	2.089,40	5.740,88 (nov/940	395,60 (abr/95) e 0,00 (dez/92)	-
rejeito	1.852,37	5.743,82 (nov/94)	555,67 (dez/92)	-

[1]Galvão Jr.(1994)-anexo F; [2] média calculada baseada em 29 observações.

Tais resultados encontram-se próximos as faixas apresentadas por GALVÃO Jr., 1994 (anexo F), com as seguintes observações: a produção de papel e papelão e a produção de metais não ferrosos possuem valores acima das referidas faixas, e a produção de plásticos e metais ferrosos possuem valores abaixo das referidas faixas.

Na figura D-8, a curva de eficiência de papel e papelão apresenta um comportamento decrescente com alguns picos de produção nos meses de abr/93, set/93, dez/93, jul/94, out/94, dez/94, abr/95, jul/95.

A curva de produção de metais ferrosos apresenta um comportamento crescente, com picos de produção nos meses jul/93, out/93, jan/94, mar/94, mai/94, set/94, nov/94, dez/94, jun/95.

A curva de produção de plásticos, durante os dez primeiros meses, apresenta uma produção maior do que a dos metais ferrosos, decrescendo nos meses posteriores, à exceção de nov/93 e abr/94.

As curvas de produção dos metais não ferrosos e dos vidros apresentam um comportamento sem grandes variações.

As médias encontradas, segundo os respectivos períodos, estão apresentados na tabela 55.

TABELA 55 - Médias das relações percentuais em peso dos produtos e rejeito em relação ao peso total de recicláveis produzidos, por período, da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá-RJ.

Resíduos	Médias (%)								
	dezembro à dezembro[1]	abril a julho[2]	janeiro a junho[3]		abril a junho[4]			junho a dezembro[5]	
	1992 - 1994	1995	1993	1994	1993	1994	1995	1993	1994
papel e papelão	35,07	57,53	41,92	30,15	43,00	29,88	54,80	38,51	29,50
plástico	23,38	26,13	29,21	25,21	27,09	27,34	29,29	26,57	13,31
metal ferroso	31,59	12,69	19,89	32,31	21,60	29,24	12,10	25,44	47,25
vidro	8,10	1,08	7,47	10,10	7,06	10,85	1,37	7,98	7,64
metal não ferroso	1,86	2,57	1,51	2,24	1,25	2,69	2,45	1,51	2,30
rejeito	1.980,46	1.051,80	773,91	2.415,44	657,83	3.344,42	923,67	877,17	4.072,83
composto	2.205,05	1.366,56	1.166,05	2.433,32	1.119,05	2.736,52	1.048,43	1.182,55	4.182,64

[1] a média foi calculada baseada em 25 observações; [2] a média foi calculada baseada em 4 observações; [3] a média foi calculada em 6 observações; [4] a média foi calculada baseada em 7 observações; [5] a média foi calculada baseada em 3 observações.

- Em relação à quantidade de recicláveis existentes

A eficiência de remoção de recicláveis em relação àquantidade de reciclável existente na massa de lixo processada, apresenta as seguintes médias de remoção:

TABELA 56 - Médias das eficiências de remoção de recicláveis em relação à quantidade de reciclável existente na massa de lixo processada da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ.

Resíduos	Média (%)		
	Geral[1]	dez/92 - dez/94[2]	abr/95 - jul/95[3]
papel e papelão	5,27%	4,67%	9,03%
plástico	6,14%	6,05%	6,70%
metal ferroso	19,76%	20,78%	13,38%
vidro	7,29%	8,16%	1,88%
metal não ferroso	10,79%	9,27%	20,27%
rejeito	160,19%	150,93%	218,02%
composto	150,85%	160,36%	91,44%

[1] média calculada baseada em 29 observações; [2] média calculada baseada em 25 observações; [3] média calculada em 4 observações.

Observa-se que a produção de metais foi a maior, seguida pelos metais não ferrosos, vidro, plástico e papel/papelão. No ano de 95 a produção de metal não ferroso foi maior do que a dos metais ferrosos, seguidos pela produção de papel e papelão, plástico e vidro.

As médias encontradas, segundo os respectivos períodos, estão apresentados na tabela 57. Observa-se que a produção de metal ferroso foi a mior em todos os períodos.

TABELA 57 - Médias das eficiências de remoção de recicláveis, por períodos, em relação àquantidade de reciclável existente na massa de lixo processada da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá-RJ .

Resíduos	Médias (%)						
	janeiro a junho [1]		abril a junho [2]			junho a dezembro [3]	
	1993	1994	1993	1994	1995	1993	1994
papel e papelão	7,70	2,26	8,71	1,45	9,62	6,67	1,36
plástico	9,97	3,43	10,28	2,50	7,99	8,65	1,15
metal ferroso	23,74	16,05	28,20	9,03	14,22	28,24	13,55
vidro	11,63	6,19	12,20	4,34	2,44	11,72	2,98
metal não ferroso	12,20	7,08	11,32	5,83	21,60	11,46	4,85
rejeito	137,95	149,52	131,52	154,61	218,95	142,68	175,47
composto	184,32	149,37	196,86	115,56	82,83	170,62	159,94

[1] a média foi calculada baseada em 6 observações; [2] a média foi calculada baseada em 3 observações; [3] a média foi calculada baseada em 7 observações

6.1.5 Sobre as características dos principais equipamentos utilizados no processo e os gastos energéticos

O consumo teórico de energia baseou-se nas potências dos motores dos principais equipamentos existentes no processo e no total de horas de funcionamento da usina, cujos resultados estão apresentados nas tabelas D-5, D-6, D-7. O valor da tarifa de luz no RJ em 1998 é de R$ 0,18258 por kwh. Desta forma, a faixa do consumo médio em kwh na usina e o custo da tonelada processada segundo o gasto de energia estão apresentados na tabela 58, a seguir.

TABELA 58 - Resumo geral do consumo teórico de energia, em kwh, pelos principais equipamentos da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá-RJ.

Totais e médias por períodos (Mês/ano)	**Consumo energético (Kwh)**	**Valor teórico (Reais)**	**Custo teórico (Real/ton)**
	Total	**Consumido**	**Tonelada processada**
Total geral (jan/93 a jul/95)	*23.685.143,71*	*4.314.047,31*	*434,79*
Média geral(jan/93 a jul/95)	*816.729,09*	*154.073,12*	*15,53*
Total (jan/93 a dez/93)	11.553.820,30	2.109.496,51	217,16
Média (jan/93 a dezl/93)	962.818,36	175.791,38	18,10
Total (jan/94 a dez/94)	9.217.978,61	1.672.632,30	170,52
Média (jan/94 a dez/94)	709.075,28	139.386,03	14,21
Total (jan/95 a jul/95)	2.970.230,72	531.918,49	47,11
Média (jan/95 a jul/95)	742.557,68	132.979,62	11,78

6.2 Sobre a usina de São Matheus

6.2.1 Sobre a produção de recicláveis e rejeitos

- Sobre a produção geral

De acordo com os dados apresentados, nos meses de out/94, nov/94, jan/95, fev/95 mar/95 foram processadas as menores quantidades de lixo por mês, 7.357.057kg, 9.106.720kg, 7.715.770kg, 8.455.616kg, 9.981.790kg, respectivamente.

As médias do processo estão apresentadas na tabela 59.

TABELA 59 - Médias das produções, por períodos, obtidas na usina de reciclagem e compostagem de São Matheus-SP.

Resíduos	Médias (kg)		
	dez/92 - dez/93[1]	jan/94 - dez/94[2]	jan/95 - jun/95[3]
lixo processado	11.998.093	11.496.194	10.163.711
recicláveis	411.404	392.804	429.980
rejeito	5.184.062	4.946.788	4.372.720
refugo	791.741	497.832	175.335
composto	6.258.024	5.615.603	5.004.257

[1] a média foi calculada baseada em 8 observações; [2] a média foi calculada baseada em 12 observações; [3] a média foi calculada baseada em 6 observações.

A comparação percentual das médias das produções estão apresentadas na tabela 60, e observa-se que:

- A média do lixo processado no período de jan/94 - dez/94 diminuiu 4,18% em relação ao período de dez/92 - dez/93, no período de jan/95 - jun/95 diminuiu 15,29% em relação ao período de dez/92-dez/93.
- Apesar da diminuição das médias do lixo processado, nos mesmos períodos a média de produção de recicláveis foram: de jan/94 - dez/94 diminuiu 4,52% em relação ao período de dez/92 - dez/93; no período de jan;95 - jun/95 aumentou 4,52% em relação ao período de dez/92 - dez/93.
- As médias da produção de rejeito somadas às de refugo no período de jan/94 - dez/94 diminuíram 8,89% em relação ao período de dez/92 - dez/93; no período de jan/95 - jun/95 diminuíram 23,89% em relação ao período de dez/92 - dez/93.
- As médias da produção de composto no período de jan/94 - dez/94 diminuíram 10,26% em relação ao período de dez/92 - dez/93; no período de jan/95 - jun/95 diminuíram 20,03% em relação ao período de dez/92 - dez/93.

TABELA 60 - Comparação percentual das médias das produções obtidas na usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP.

Resíduos	Relações percentuais (%)[1]	
	jan/94 - dez/94[2]	jan/95 - jun/95[2]
lixo processado	- 4,18	- 15,29
recicláveis	- 4,52	+ 4,52
rejeito e refugo	- 8,89	- 23,89
composto	- 10,26	- 20,03

[1] o sinal (-) indica 'queda de produção'; o sinal (+) indica 'aumento de produção; [2] o período de comparação foi de dezembro de 1992 a dezembro de 1993 (oito observações)

Calculou-se a média para períodos de tempo iguais, cujos resultados estão apresentados tabela 61.

TABELA 61 - Médias das produções, por períodos iguais, obtidas na usina de reciclagem e compostagem de São Matheus-SP.

Resíduos	Médias (kg)					
	janeiro a junho [1]		abril a junho [2]		junho a dezembro [3]	
	1994	1995	1994	1995	1993	1994
lixo processado	11.940.407	10.163.711	11.187.860,00	11.609.696,67	12.235.727	11.144.922
recicláveis	418.042	429.980	379.103,33	468.850,00	429.237	366.483
rejeito	5.256.148	4.372.720	4.923.483,33	5.238.134,67	5.308.984	4.746.360
refugo	639.900	175.335	567.373,33	0,00	832.631	394.891
composto	6.328.517	5.004.257	5.929.768,33	6.099.206,67	6.373.758	5.120.113

[1] a média foi calculada baseada em 6 observações; [2] a média foi calculada baseada em 3 observações; [3] a média foi calculada baseada em 7 observações.

A comparação percentual das médias das produções estão apresentadas na tabela 62, e observa-se que:

- A média do *lixo processado* no período de jan/95 - jun/95 diminuiu 14,88% em relação ao período de jan/94 - jun/94; no período de jun/94 - dez/94 diminuiu 8,92% em relação ao período de jun/93 - dez/93; no período de abr/95 a jun/95 aumentou 3,77% em relação ao período de abr/94 a jun/94.
- A média de *produção de recicláveis* foi de: jan/95 - jun/95 aumentou 2,85% em relação ao período de jan/94 - jun/94; no período de jun/94 - dez/95 dimiuiu em 14,62% em relação ao período de jun/93 - dez/93; no período de abr/95 a jun/95 aumentou 23,67% em relação ao período de abr/94 a jun/94.

- As médias da *produção de rejeito* somadas às de *refugo* no período de jan/95 - jun/95 diminuíram 22,86% em relação ao período de jan/94 - jun/94; no período de jun/94 - dez/94 diminuíram 16,28% em relação ao período de jun/93 - dez/93; no período de abr/95 a jun/95 diminuiu 4,60% em relação ao período de abr/94 a jun/94.
- As médias da produção de composto no período de jan/95 - jun/95 diminuíram 20,92% em relação ao período de jan/94-jun/94; no período de jun/95 - dez/95 diminuíram 19,67% em relação ao período de jun/93 - dez/93; no período de abr/95 a jun/95 aumentou 2,86% em relação ao período de abr/94 a jun/94.

TABELA 62 - Comparação percentual, em períodos iguais, das médias das produções obtidas na usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP.

Resíduos	Relações percentuais (%)[1]		
	jan/95 - jun/95[2]	abr/95 - jun/95[4]	jun/94 -dez/94[3]
lixo processado	- 14,88	+ 3,77	- 8,92
recicláveis	+ 2,85	+ 23,67	- 14,62
rejeito e refugo	- 22,86	- 4,60	- 16,28
composto	- 20,92	+ 2,86	- 19,67

[1] o sinal (-) indica queda de produção de resíduos; o sinal (+) indica aumento de produção; [2] o período de comparação foi de janeiro de 1994 a junho de 1994; [3] o período de comparação foi de junho de 1993 a dezembro de 1993; [4] o período de comparação foi de abril de 1993 a junho de 1993.

Observa-se nas figuras E-1, E-2, onde estão representados os dados dos totais da produção mensal da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP (tabela 41, item 5.2.2), que os comportamentos dos totais do lixo processado, do composto, do total de recicláveis e do total de rejeitos são bastante oscilantes e apresentam alguns picos de produção nos mesmos períodos:

- Lixo recebido: nov/93, mar/94, jun/94, ago/94, dez/94, mar/95, jun/95.
- Composto e rejeito: nov/93, mar/94, ago/94, jun/94, dez/94, abr/95, jun/95.
- Recicláveis: set/93, jan/94, mar/94, ago/94, dez/94, mar/95, jun/95.

As menores produções ocorreram em:

- Lixo recebido: jul/93, jan/94, abr/94, jul/94, out/94, jan/95.
- Composto: ago/93, jan/94, mai/94, jul/94, out/94, jan/95.
- Rejeito: ago/93, jan/94, mai/94, jul/94, out/94, jan/95.

- Recicláveis: ago/93, dez/93, fev/94, jul/94, out/94, fev/95.

As curvas de perdas e/ou acúmulos mensais e totais (item 6.1.4) por apresentarem a maioria dos resultados negativos indicam que as saídas registradas estão sendo muito maiores do que o lixo processado. Entretanto, aos domingos a usina transfere todo o lixo não processado para o aterro e pesa todos recicláveis acumulados no pátio. Nos registros cedidos pela administração não constam, em todos os meses, os totais acumulados no pátio e não se sabe o quanto de resíduos permanece nos bioestabilizadores. Por isso tem-se o comportamento apresentado.

- Sobre as eficiências do processo

Para o cálculo das relações percentuais em peso e das eficiências do processo, foram consideradas as relações definidas no item 6.1.4, sub item '*sobre as eficiências do processo*'.

Os resultados estão apresentados na tabela E-2, E-3, E-4, e representados nos gráficos das figuras E-3, E-4, E-5.

- Em relação ao lixo processado

A eficiência de remoção de recicláveis em relação ao lixo processado ficou na faixa de 0,01 (plástico filme e alumínio) a 3,13% (metal ferroso).

Os metais ferrosos somados a sucata ferrosa são os materiais que apresentaram maiores eficiências. O alumínio e o plástico filme são os materiais que apresentaram menores eficiências.

O valores máximos e mínimos encontrados em relação aos resíduos recicláveis e em relação ao composto e rejeito estão apresentados na tabela 63.

TABELA 63 - Relações percentuais das produções de resíduos em relação ao lixo processado (valores médios, máximos e mínimos), da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP.

Material	Média [2] (%)	Maior valor (%)	Menor valor (%)	Referências[1] (%)
metal ferroso [3]	2,28	3,13 (jan/95)	1,34 (ago/94)	-
papelão	0,51	0,83 (jun/95)	0,05 (dez/93)	-
plástico duro	0,57	0,87 (jun/93)	0,02 (dez/93)	-
plástico filme	0,01	0,05 (out/93)	0,01 (fev/94)	-
vidro	0,24	0,40 (jan e set/94)	0,04 (nov/94 e fev/95)	-
alumínio	0,04	0,12 (fev/94)	0,01 (nov/94 e jun/95)	-
Total	**3,65**	**5,40**	**1,47**	**1,21 - 6,20**
composto	49,97	57,85 (abr/95)	35,69 (ago/94)	**29,41 - 53,79**
rejeito	47,55	53,87 (nov/93)	39,34 (ago/94)	**44,27 - 64,39**

[1]GALVÃO Jr., 1994 - anexo F; [2] média correspondente a 26 observações (de dezembro de 1992 a junho de 1995); [3] na fração metal ferroso estão incluídas as latas de 1ª, latas de 2ª e sucata ferrosa.

Observa-se que os valores encontrados estão próximos das faixas de valores apresentados por GALVÃO Jr., 1994 (anexo F), exceto o maior valor encontrado para o composto, e o menor valor encontrado para o rejeito. A produção média de composto corresponde à 49,97% do lixo processado; a produção média de rejeito corresponde à 47,55% do lixo processado; a produção média de reciclável corresponde à 3,65% do lixo processado.

As médias encontradas, segundo os respectivos períodos, estão apresentados na tabela 64.

TABELA 64 - Médias das eficiências do processo em relação ao lixo processado, por período, da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP

Resíduos	Médias (%)							
	dezembro à dezembro[1]	janeiro a dezembro[2]	janeiro a junho[3]		abril a junho[4]		junho a dezembro[5]	
	1992 - 1994	1994	1994	1995	1994	1995	1993	1994
metal ferroso[6]	2,10	2,10	2,12	2,88	2,05	2,73	2,18	2,03
papelão	0,47	0,48	0,35	0,64	0,39	0,69	0,50	0,60
plástico duro	0,60	0,60	0,67	0,48	0,63	0,41	0,58	0,53
plástico filme	0,03	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00
vidro	0,24	0,23	0,29	0,23	0,26	0,20	0,24	0,18
alumínio	0,04	0,05	0,06	0,03	0,06	0,02	0,04	0,04
Total	**3,48**	**3,46**	**3,43**	**4,26**	**3,40**	**4,05**	**3,57**	**3,38**
rejeito	49,62	47,58	49,29	44,71	49,02	45,19	50,05	46,68
composto	52,12	49,12	52,95	48,82	52,96	52,82	52,03	46,67

[1] média calculada baseada em 8 observações; [2] média calculada baseada em 12 observações; [3] média calculada em 6 observações; [4] média calculada baseada em 3 observações; [5] média calculada baseada em 7 observações; [6] na fração metal ferroso estão incluídas as latas de 1ª, latas de 2ª e sucata ferrosa.

- Em relação ao total de recicláveis produzidos

A média da eficiência dos recicláveis em relação ao total reciclado indica que as produções de ferrosos, plástico duro e papelão foram os principais materiais reciclados, seguidos pelos vidros, alumínio e plástico filme. As médias encontradas estão na tabela 65.

TABELA 65 - Relações percentuais em peso dos produtos e rejeito, em relação ao peso total de recicláveis produzidos (valores médios, máximos e mínimos), da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP.

Material	Média (%)[2]	Maior valor (%)	Menor valor (%)	Referência [1] (%)
metal ferroso	62,33	86,13 (dez/93)	47,59 (set/94)	>30
papelão	13,93	22,21 (set/94)	2,03 (dez/93)	20 - 30
plástico duro	15,59	24,35 (dez/92)	0,78 (dez/93)	o somatório de
plástico filme	0,27	1,45 (out/93)	0,13 (jul/94)	plásticos > 30
vidro	6,63	12,85 Set/94	0,88 (nov/94)	5 - 15
alumínio	1,24	3,39 (fev/94)	0,28 (jun/95)	0,4 - 0,8
Total	**100,00**	-	-	-
rejeito	1.345,85	2.030,20 (dez/93)	959,62 (mar/95)	-
composto	1.412,56	2.208,81 (dez/93)	957,07 (mar/95)	-

[1]Galvão Jr.(1994)-anexo F; [2] média calculada baseada em 26 observações

Tais resultados encontram-se próximos as faixas apresentadas por GALVÃO Jr., 1994 (anexo F), com as observações: a produção média de metal ferroso e de alumínio estão acima das referidas faixas, e a produção média de plástico e papelão estão abaixo das referidas faixas.

As médias encontradas, segundo os respectivos períodos, estão apresentados na tabela 66.

TABELA 66 - Médias das relações percentuais em peso dos produtos e rejeito em relação ao peso total de recicláveis produzidos, por período, da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP.

Resíduos	Médias (%)							
	Dezembro a dezembro[1]	Janeiro a dezembro[2]	Janeiro a junho[3]		abril a junho[4]		Junho a dezembro[5]	
	1992 - 1993	1994	1994	1995	1994	1995	1993	1994
metal ferroso	61,62	60,01	60,61	67,91	60,18	67,74	62,41	58,96
papelão	12,82	14,11	10,13	15,08	11,85	16,91	13,16	18,09
plástico duro	16,40	17,28	19,12	11,14	18,48	10,02	15,27	15,66
plástico filme	0,77	0,07	0,12	0,00	0,18	0,00	0,88	0,02
vidro	7,21	6,97	8,20	5,19	7,64	4,85	7,07	5,98
alumínio	1,17	1,57	1,83	0,69	1,67	0,48	1,21	1,29
rejeito	1.488,98	1.395,28	1.418,32	1.056,14	1.453,21	1.122,75	1.461,66	1.415,48
composto	1.567,05	1.437,10	1.522,95	1.157,47	1.569,61	1.310,19	1.519,34	1.413,18

[1] média calculada baseada em 8 observações; [2] média calculada baseada em 12 observações; [3] média calculada em 6 observações; [4] média calculada baseada em 3 observações; [5] média calculada baseada em 7 observações.

Na figura E-4, as curvas das eficiências apresentam um comportamento bastante oscilante. A maior produção em todo o período foi de metal ferroso, provavelmente porque a sua remoção é feita com eletroímãs, seguida pelas produções de plástico duro e de papelão.

Em dez/93 nota-se que a produção de plásticos, papelão, vidro e alumínio tem uma queda tendendo a zero. Nos demais períodos, as produções de alumínio e plástico filme tendem a zero.

A produção de plástico duro apresenta picos de produção nos meses de jun/93, out/93, jan/94, abr/94, dez/94, abr/95. As menores produções ocorreram em ago/93, dez/93, jul/94, jan/95, mar/95, mai/95.

A produção de papelão apresenta picos de produção nos meses de ago/93, jan/94, jun/94, set/94, dez/94, mar/95. As menores produções ocorreram em dez/93, mar/94, jul/94, jan/95, mai/95.

A produção de vidro apresenta picos de produção nos meses de jan/94, mar/94, mai/94, set/94, jan/95, abr/95. As menores produções ocorreram no período de jan/93 a dez/93, jun/94 a ago/94, de out a dez/94, fev/95, mai e jun/95.

A produção de metais ferrosos apresenta picos em ago/93, jan/94, mai/94, nov/94, jan/95, mar/95. As menores produções ocorreram em nov/93, fev/94, jun/94, set/94, dez/94, abr/95.

- Em relação à quantidade de recicláveis existentes

A eficiência de remoção de recicláveis em relação à quantidade de reciclável existente apresenta as médias de remoção, apresentadas na tabela 67:

TABELA 67 - Médias das eficiências de remoção de recicláveis em relação à quantidade de reciclável existente na massa de lixo processada da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus-SP.

Resíduos	Média (%)			
	Geral[1]	dez/92 - dez/93[2]	jan/94 - dez/94[3]	jan/95 - jun/95[4]
Metal ferroso	88,10	81,05	81,17	111,38
Papelão (kg)	8,02	7,36	7,48	9,98
plástico duro	22,85	23,83	24,09	19,08
plástico filme	0,11	0,33	0,03	0,00
Vidro	13,59	14,02	13,48	13,21
Alumínio	11,67	10,66	14,22	7,92
Rejeito	773,10	806,86	773,64	727,01
Composto	69,81	72,81	68,62	68,20

[1] a média foi calculada baseada em 26 observações; [2] a média foi calculada baseada em 8 observações; [3] a média foi calculada baseada em 12 observações; [4] a média foi calculada baseada em 6 observações.

Observa-se que a produção de metais foi a maior seguida pelas produções do plástico duro, vidro, alumínio, papelão e plástico filme. A produção de rejeito foi extremamente alta em relação à quantidade existente no lixo processado.

Considerando períodos iguais de processamento tem-se os seguintes resultados apresentados na tabela 68:

TABELA 68 - Médias, em períodos iguais, das eficiências de remoção de recicláveis em relação à quantidade de reciclável existente na massa de lixo processada da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus-SP.

Resíduos	Médias (%)				
	jan/94 - jun/94(1)	junho a dezembro(2)		abril a junho(3)	
	1994	1993	1994	1994	1995
Metal ferroso	82,03	84,05	78,38	79,12	105,23
Papelão	5,48	7,77	9,36	6,12	10,72
Plástico duro	26,88	23,37	21,24	25,26	16,31
Plástico filme	0,05	0,37	0,01	0,07	0,00
Vidro	16,71	14,14	10,67	15,01	11,68
Alumínio	17,13	11,20	11,15	15,44	5,11
Rejeito	801,42	813,90	758,99	797,13	734,74
Composto	73,97	72,69	65,19	73,98	73,79

(1) a média foi calculada baseada em 12 observações; (2) a média foi calculada baseada em 7 observações; (3) a média foi calculada baseada em 3 observações.

Observa-se que o metal ferroso apresenta no período de jan/95 a jun/95 eficiência maior do que 100%. Justifica-se tal ocorrência pelo fato da administração da usina computar os totais de resíduos que saem da usina no mês, e não o total que é processado por dia. Desta forma a análise dos dados de processo ficam imprecisas devido aos erros globais acumulados, ocasionando resultados extremos.

6.3 Sobre os riscos e dos agentes de riscos à saúde do trabalhador de usinas de reciclagem e compostagem

6.3.1. Recepção

Sugestões para diminuir a gravidade dos riscos identificados:

- para o risco químico: melhorar a ventilação do ambiente; o motorista deve desligar o motor do veículo durante a atividade de pesagem;
- para o risco ergométrico: os trabalhadores devem alternar a posição de trabalho periodicamente entre a postura sentada e em pé, não permanecendo muitas horas seguidas em ambas as posições.

6.3.2 Fossos de estocagem e moegas de alimentação

Sugestões para diminuir a gravidade dos riscos identificados:

- 1ª situação de risco

- para o risco químico: utilização de EPI adequado (máscaras);
- para o risco biológico: utilização de EPI adequado (máscaras e luvas); manter o asseio corporal durante o período de trabalho, manter controle médico periódico;
- para o risco de queda: utilização de EPI adequado (sapatos com solado antiderrapante), no caso dos fossos de recebimento, evitar o trânsito de trabalhadores, sempre que possível, enquanto o pátio apresentar-se com perigo de quedas.

- 2ª Situação de risco

- para o risco de queda: sugere-se colocar uma grade fixa no solo para servir de apoio e de barreira para o funcionário não cair dentro do fosso; utilização de EPI (sapato com solado antiderrapante) adequado. Entretanto esta é uma operação onde deverão estar pelo menos dois funcionários presentes no local durante a descarga dos caminhões, para casos de acidentes.

- 3ª Situação de risco

- para o risco de queda do caminhão para dentro do fosso: Os locais poderiam ser providos de uma rampa rente à superfície do fosso, onde subiriam as rodas traseiras do caminhão durante o descarte dos resíduos. A inclinação da rampa deslocaria o ponto de equilíbrio do caminhão para a frente, de modo que, com a movimentação dos resíduos para a sua traseira durante o descarte, as forças físicas resultantes não provoquem o desequilíbrio do caminhão a ponto de ocorrer o levantamento da carroceria. Poderia ser construído um anteparo perpendicular à cobertura do local de modo que impedisse a queda do caminhão no fosso, quando este erguesse e batesse no anteparo;
- para o risco físico: utilização de EPI adequados (uso de protetores auriculares);

- para o risco químico: utilização de EPI adequado (máscaras e luvas);
- para o risco biológico: utilização de EPI adequado (máscaras e luvas); manter o asseio corporal durante o período de trabalho, manter controle médico periódico.

- 4ª Situação de risco

- para o risco ergométrico: os trabalhadores devem alternar a posição de trabalho periodicamente entre a postura sentada e em pé, não permanecendo muitas horas seguidas em ambas as posições;
- para os riscos físicos: uso de EPI adequado (protetores auriculares); para a má circulação do ar no interior da cabine: uso de aparelhos adequados para ventilar e fazer a exaustão do ar contaminado;
- para o risco de queda do trabalhador: colocação de anteparos para o corpo ao redor da escada;
- para o risco químico: utilização de EPI adequado (máscaras e luvas);
- para o risco biológico: utilização de EPI adequado (máscaras e luvas), manter o asseio corporal durante o período de trabalho, manter controle médico periódico.

6.3.3. Setores localizados após a moega de alimentação do processo

Sugestões para diminuir a gravidade dos riscos identificados:

- para o risco de corte: uso de EPI adequado (máscaras, luvas), e ter atenção ao manusear os resíduos, pois eles podem conter objetos cortantes e perfurantes;
- para o risco químico: melhorar o sistema de exaustão no local utilização de EPI adequado (máscaras e luvas);
- para o risco biológico: melhorar o sistema de exaustão no local; utilização de EPI adequado (máscaras e luvas); manter o asseio corporal durante o período de trabalho, manter controle médico periódico;
- para o risco ergométrico: os trabalhadores devem alternar a posição de trabalho periodicamente entre a postura sentada e em pé, não permanecendo muitas horas seguidas em ambas as posições. Além disso, devem ser treinados para deslocar objetos pesados dentro das normas de segurança;

- para os riscos físicos: usar EPI adequado (protetor auricular); melhorar a iluminação destes locais.

6.3.4. Catação dos materiais recicláveis

Sugestões para diminuir a gravidade dos riscos identificados:

- para o risco de corte: utilização de EPI adequado (luvas), e ter extrema atenção ao manusear os objetos;
- para o risco ergométrico: os trabalhadores devem alternar a posição de trabalho periodicamente entre a postura sentada e em pé, não permanecendo muitas horas seguidas em ambas as posições. Além disso, devem ser treinados para deslocar objetos pesados dentro das normas de segurança;
- para os riscos químicos: melhorar o sistema de exaustão no local; utilização de EPI adequado (máscaras);
- para os riscos biológicos: uso de EPI adequado (máscaras e luvas); manter o asseio corporal durante o período de trabalho, manter controle médico periódico;
- para o risco de queda: utilização de EPI adequado (sapatos com solado antiderrapante), manter a limpeza do chão do salão constante;
- para os riscos físicos: utilização de EPI adequado (protetor auricular).

6.3.5 Remoção de materiais ferrosos por eletroímã suspenso

Sugestões para diminuir a gravidade dos riscos identificados:

- para os riscos físicos: usar EPI adequado (protetor auricular);
- para o risco de lesões nos membros: não permitir atuação de catadores ou outros funcionários próximo ao eletroímã enquanto o campo magnético estiver ativo.

6.3.6 Saída dos bioestabilizadores

Sugestões para diminuir a gravidade dos riscos identificados:

- para o risco ergométrico: os trabalhadores devem alternar a posição de trabalho periodicamente entre a postura sentada e em pé, não permanecendo muitas horas seguidas em ambas as posições. Além disso, devem ser treinados para deslocar objetos pesados dentro das normas de segurança;
- para os riscos químicos: melhorar o sistema de exaustão e de circulação do ar no local; utilização de EPI adequado (máscaras);
- para os riscos biológicos: uso de EPI adequado (máscaras e luvas); manter o asseio corporal durante o período de trabalho, manter controle médico periódico;
- para o risco de queda: retirar o material de entupimento com ajuda de um outro empregado; utilizar EPI adequados (luvas, sapatos com solados antiderrapante);
- para o risco de cortes: fazer a atividade de retirada de material de entupimento sempre com, pelo menos, dois trabalhadores; utilizar os EPI adequados.

6.3.7 Peneiras rotativas primárias e secundárias

Sugestões para diminuir a gravidade dos riscos identificados:

- para os riscos químicos: utilizar EPI adequado (máscaras);
- para os riscos biológicos: uso de EPI adequado (máscaras e luvas); manter o asseio corporal durante o período de trabalho, manter controle médico periódico;
- para os riscos físicos: utilizar EPI adequado (protetores auriculares);
- para o risco de queda: utilizar cinto de segurança durante o serviço de desentupimento da peneira.

6.3.8 Terminal de rejeito

Sugestões para diminuir a gravidade dos riscos identificados:

- para o risco de queda: uso de EPI adequado (cinto de segurança);
- para o risco químico: utilizar EPI adequado (máscara);

- para os riscos biológicos: uso de EPI adequado (máscaras e luvas); manter o asseio corporal durante o período de trabalho, manter controle médico periódico;
- para o risco físico: uso de EPI adequado (protetor auricular).

6.3.9 Terminal de composto

Sugestões para diminuir a gravidade dos riscos identificados:

- para o risco químico: utilização de EPI adequado (máscaras);
- para os riscos biológicos: uso de EPI adequado (máscaras e luvas); manter o asseio corporal durante o período de trabalho, manter controle médico periódico.

6.3.10. Pátio de compostagem

Sugestões para diminuir a gravidade dos riscos identificados:

- para os riscos químicos: utilização de EPI adequados (máscaras);
- para os riscos biológicos: uso de EPI adequado (máscaras e luvas); manter o asseio corporal durante o período de trabalho, manter controle médico periódico;
- para o risco de queda: manter limpos os ralos de escoamento de líquido, utilizar calçados com solado antiderrapante.

6.3.11. Beneficiamento do composto

Sugestões para diminuir a gravidade dos riscos identificados:

- para os riscos químicos: utilização de EPI adequados (máscaras);
- para os riscos biológicos: uso de EPI adequado (máscaras e luvas); manter o asseio corporal durante o período de trabalho, manter controle médico periódico;
- para o risco físico: uso de EPI adequado (protetor auricular);
- para o risco de queda: uso de EPI adequado (calçado com solado antiderrapante e cinto de segurança para a limpeza da peneira rotativa), manter a limpeza do local durante o expediente de trabalho não permitindo o umedecimento do composto

ocasionando na formação de lama; retirar remover periodicamente o composto peneirado do local;

- para o risco de corte: usar EPI adequado (luvas).

6.3.12. Motoristas e operadores de trator

Sugestões para diminuir a gravidade dos riscos identificados:

- para o risco químico: utilizar EPI adequado (máscara);
- para os riscos biológicos: uso de EPI adequado (máscaras e luvas); manter o asseio corporal durante o período de trabalho, manter controle médico periódico;
- para o risco ergométrico: os trabalhadores devem alternar a posição de trabalho periodicamente entre a postura sentada e em pé, não permanecendo por muitas horas seguidas em ambas as posições;
- para o risco físico: utilizar EPI adequado (protetor auricular).

6.4 Considerações sobre as operações unitárias utilizadas nas usinas de reciclagem e compostagem estudadas, e sobre os bioestabilizadores

As usinas de reciclagem e compostagem divergem quanto à sofisticação e disposição dos equipamentos; entretanto, as operações unitárias empregadas são as mesmas. Os equipamentos utilizados nas usinas visitadas, segundo as operações unitárias, foram:

⇒ Operação unitária para estocagem de sólidos: fossos, moegas, pilhas de estocagem.

⇒ Operação unitária para transporte de sólidos: transporte pneumático de plástico filme; transporte de sólidos em transportadores de correia; transporte de sólidos em caçambas tipo pólipo; transportador de chapas articuladas.

⇒ Operação unitária para separação de sólidos: catação manual; remoção de materiais ferrosos por eletroímã suspenso e polia magnética; peneiramento; separação balística.

⇒ Operação unitária para redução de tamanho de sólidos: moagem de sólidos.

⇒ As operações unitárias podem ser apreciadas nas fotografias apresentadas no anexo B.

6.4.1 Operações unitárias para estocagem de sólidos

As pilhas e os fossos de estocagem são utilizados nas etapas de estocagem: dos resíduos para alimentação do processo; do composto; dos rejeitos; dos recicláveis.

O sistema de estocagem dos resíduos no início do processo influencia no sistema de transporte e alimentação do processo. Foram encontradas as seguintes variações:

1) Estocagem em pátio ⇒ alimentação do processo feito por meio de pá mecânica, conduzindo os resíduos para a moega de alimentação - usina de S.Matheus.

2) Estocagem em fosso ⇒ alimentação do processo via caçamba tipo pólipo, conduzindo os resíduos para a moega de alimentação - usina de Jacarepaguá.

3) Estocagem em fosso ⇒ alimentação do processo via caçamba tipo pólipo, conduzindo os resíduos para o tambor revolvedor - usina de Vitória.

- Fossos de estocagem

Os fossos de estocagem, também chamados de silos de armazenamento, existem somente no início do processo.

Estes fossos são de concreto e construídos em nível inferior ao pátio de recebimento dos resíduos. Possuem sistemas de drenagem para escoamento de líquidos provenientes dos resíduos ou da limpeza periódica dos fossos.

Na usina de Jacarepaguá há um sistema opcional de aspersão de água desodorizada, constituído de bomba de alta pressão e rede dotada de nebulizadores.

Tais fossos dão flexibilidade na operação de descarga do caminhão. A descarrega dos resíduos pode ser feita diretamente neles, dispensando o uso de pá mecânica. Quando os fossos estão cheios, os resíduos são descarregados no chão do

pátio, formando as pilhas de estocagem, necessitando-se então usar a pá mecânica para lançar os resíduos dentro dos fossos.

A retirada dos resíduos dos fossos de alimentação é feita por caçamba tipo pólipo, que os conduz para a etapa de alimentação do processo. Na usina de Jacarepaguá os resíduos são lançados numa moega de alimentação, na usina de Vitória, os resíduos são lançados num tambor revolvedor.

- Moega (ou tremonha) de alimentação

Outro sistema de armazenamento dos resíduos e que simultaneamente alimenta o processo é chamado de moega (ou tremonha) de alimentação.

A moega (ou tremonha) é um conjunto de vaso, tambor e moega. O tambor é a parte superior do vaso, com os costados verticais. A moega é a parte entre o vaso e o ponto de descarga, e tem pelo menos uma parede oblíqua. O fundo da moega é uma esteira metálica (também chamada de transportador de chapas articuladas), que alimenta o processo com os resíduos e que pode ter uma porta de descarga e/ou um sistema de controlador de nível de altura dos resíduos.

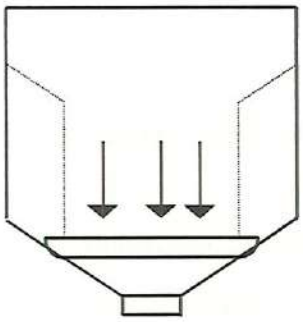


FIGURA 14: Exemplo de tremonha vibratória (PERRY & CHILTON, 1985).

Na usina de São Matheus há um sistema de rasgação de sacos e de controle de nível de resíduos sólidos instalado na saída de cada moega de alimentação. Tais sistemas não funcionam adequadamente tendo em vista que o nível dos resíduos, nas esteiras transportadoras imediatamente posteriores, é bastante variável e a maioria dos

sacos permanecem inteiros, necessitando de um funcionário no início da esteira para fazer o rasgamento dos sacos plásticos fechados.

Na usina de Jacarepaguá, as paredes frontais possuem escudo de alimentação com altura regulável (na faixa de 208mm a 350mm), cuja a finalidade é facilitar a entrada dos resíduos para as peneiras primárias, regular a altura de alimentação de resíduos no processo através da compressão dos mesmos, e fazer o rompimento parcial dos sacos plásticos - por meio de um dispositivo com sensores de segurança que visam, inclusive, impedir o acesso de objetos de grande volume. Estes sensores encontram-se desativados (em out/nov de 1995). Os rasgadores de sacos não funcionam satisfatoriamente, a altura da lâmina de resíduos está fixada em 450mm.

O problema principal na saída destas moegas é o entupimento provocado pelos resíduos, o que ocasiona a parada do processo.

Na usina de Jacarepaguá existe uma moega de transbordo próxima aos fossos de estocagem para armazenar objetos de grande volume presentes nos fossos de estocagem e que podem danificar os equipamentos durante o processamento. Porém, devido à dificuldade de identificação destes tipos de resíduos pelo operador da ponte rolante — proporcionada pela complexa mistura visual formada pelos resíduos —, os resíduos não são retirados e essa moega não é utilizada para este fim.

Na usina de Vitória, após a moega há um tambor revolvedor com garras metálicas para o rasgamento dos sacos plásticos. As funções do tambor revolvedor são rasgar os sacos plásticos, homogeneizar e nivelar os resíduos nas esteiras tranportadoras imediatemente posteriores. Entretanto, os resíduos nas mesas de catação possuem níveis diversos, os resíduos ficam bastante misturados e os sacos plásticos não são rasgados pelas garras metálicas.

- Pilhas de estocagem

As pilhas de estocagem são operações unitárias de armazenamento de resíduos sólidos, utilizadas quando a massa de resíduos é muito grande, e são feitas, geralmente, a céu aberto.

Numa pilha de estocagem, o ângulo de repouso é o ângulo em que o material descansará naturalmente na forma de uma pilha (PEERY & CHILTON, 1985). As dimensões finais das pilhas, bem como o modo como são dispostas, são importantes no dimensionamento do pátio e das baias de estocagem.

As pilhas podem ser formadas de vários modos, sendo indicado por PERRY E CHILTON (1985), o uso de transportadores de correia para grandes massas de resíduos (as pilhas são construídas a partir da queda dos resíduos da extremidade final do transportador).

Para o manuseio dos resíduos empilhados são indicados o uso de equipamentos móveis. As pás mecânicas são consideradas vantajosas, pois não só transportam o material como também deslocam-no sobre o terreno.

As pilhas de estocagem são empregadas em várias etapas do processo para estoque e disposição dos resíduos. As variações encontradas nas usinas visitadas foram:

1. Pilhas de estocagem para os resíduos sólidos domiciliares ⇒ as pilhas são formadas a partir da descarga dos caminhões, lançando os resíduos no chão dos pátios de recebimento. Os resíduos são transportados a partir desta pilha com o auxílio de pá mecânica - usina de S. Matheus.
2. Pilhas de estocagem para os rejeitos ⇒ Os resíduos são transportados por esteiras transportadoras e na extremidade oposta à alimentação os resíduos caem naturalmente no chão do pátio, dentro de uma baia a céu aberto, onde são estocados até serem encaminhados para o aterro. O transporte destes resíduos a partir deste ponto é feito com o auxílio de uma pá mecânica - usinas de S. Matheus e de Vitória.
3. Pilhas de estocagem para o composto cru ⇒ as pilhas são formadas de modo semelhante àquelas formadas para os rejeitos. O transporte posterior destes resíduos é feito por meio de pá mecânica - usinas de Vitória, de Jacarepaguá e de S. Matheus.
4. Pilhas de estocagem para a maturação do composto cru ⇒ o composto cru é transportado para o pátio de compostagem por meio de uma pá mecânica e/ou por meio de um caminhão basculante. Neste pátio o composto cru é disposto em forma

de pilhas de tamanhos predeterminados para dar continuidade ao processo de compostagem. As pilhas são reviradas com equipamento tipo revira-leira ou com a pá mecânica. A importância do tamanho das pilhas para o processo de compostagem se deve ao reviramento periódico, necessário para manter a aerobiose do processo. O pátio deve ser dimensionado prevendo a movimentação de viaturas e/ou equipamentos - como pá mecânica, caminhão basculante, revira-leira etc. - usinas de Vitória e de Jacarepaguá.

5. Pilhas de estocagem para material reciclável ⇒ as pilhas são formadas de modo semelhante aquelas formadas para os rejeitos e composto cru. A diferença é que os resíduos caem diretamente nas respectivas baias de estocagem. O transporte posterior destes resíduos também se faz com o auxílio de uma pá mecânica - usinas de S. Matheus e de Jacarepaguá.

6.4.2 Operações de transporte de sólidos

Nas operações de transporte de resíduos sólidos encontradas nos sistemas de usinas visitadas, prevaleceram os seguintes mecanismos: transportadores de correia; transportadores de chapas de ferro articuladas, também chamado de chão movediço; transportador pneumático; transportador de caçamba tipo pólipo; transportador de canecos; dutos ou chutes.

Em geral os transportadores são projetados com funções associadas a outras operações unitárias. Alguns exemplos dessas associações são:

1. utilização de moega com chão movediço e uma peneira de separação primária - usina de Jacarepaguá;
2. transportador de correias com polias magnéticas, para separação de metais ferrosos - usinas de Jacarepaguá, Vitória e S.Matheus.

- Transportador de caçamba tipo pólipo

O transportador de caçamba tipo pólipo fica suspenso por um elevador e seus movimentos abrangem toda a área de estocagem dos resíduos. Os resíduos são

retirados dos fossos e conduzidos para a etapa de alimentação do processo, que pode ser uma moega com tambor revolvedor ou uma moega com chão movediço. Nas usinas visitadas este sistema é encontrado em Vitória, usina de Jacarepaguá.

Os problemas comuns econtrados com as garras deste tipo de transportador foram: quebra das garras do equipamento; alta corrosão no equipamento; constantes repararos com solda nas pontas das garras devido ao desgaste por corrosão e abrasão provocados pelo lixo.

- Transportador pneumático

O transportador pneumático movimenta os resíduos suspensos numa corrente de ar, a distâncias horizontais ou verticais. A capacidade do transportador depende da densidade do material, da energia do ar transportador em todo o sistema, do diâmetro e do comprimento da linha transportadora (PERRY & CHILTON, 1985).

O transportador pneumático é encontrado somente na usina de Jacarepaguá, conduzindo os plásticos filmes do setor de catação até as suas baias de estocagem.

Os problemas dos transportadores pneumáticos são entupimento dos dutos durante o transporte de grande fluxo de material plástico; gasto de energia com o transporte de material plástico. A vantagem é a velocidade de remoção e transferência dos plásticos filmes para as baias de estocagem. Na usina de Jacarepaguá, esse equipamento só é usado quando a produção de plástico é bastante intensa.

- Transportador de correia

Os transportadores de correia são os mais usados nos processos de usinas e nas variadas etapas de transporte dos resíduos. Como as usinas são projetadas em vários níveis, os transportadores de correia apresentam-se dispostos, na maioria das vezes, nas formas inclinadas, com movimento ascendente. No setor de catação de recicláveis os transportadores de correia encontram-se dispostos na forma plana formando as "mesas de catação".

Os problemas relativos aos transportadores de correia e comuns às usinas visitadas são:

1. Desalinhamento e mudanças das características originais das esteiras devido à absorção da umidade e de componentes químicos presentes nos resíduos. O desalinhamento ocorre, eventualmente, por se transportar pouca massa de resíduos. Para o realinhamento da esteira necessita-se paralisar a linha de produção. Na usina de Jacarepaguá as esteiras são frisadas ganhando um caimento abaloado durante o transporte dos resíduos, reduzindo a ocorrência do desalinhamento, o que, segundo os administradores da época, foi conseguido;
2. Rasgos e cortes nas esteiras devido ao contato e ao transporte do lixo; as esteiras não agüentam o choque da queda do material sobre elas;
3. Agregação de material nos rolamentos e na esteira transportadora;
4. Poeira em suspensão durante o transporte de lixo, nos setores por onde as esteiras passam;
5. Queda de resíduos das esteiras, sujando o chão dos setores por onde as esteiras passam, tornando-os sujos e escorregadios.

- Transportador de chapas articuladas

Os transportadores de chapas articuladas são encontrados nas moegas de alimentação da usina de S. Matheus e de Jacarepaguá. As moegas ficam na alimentação do processo e recebem os resíduos em queda livre. Não foram verificados problemas operacionais com este tipo de transportador.

- Transportador de canecos

O transporte vertical é realizado com maior economia por meio de elevadores verticais ou inclinados, de caçambas ou de canecos.(PERRY & CHILTON, 1985)

Os transportadores de canecos foram encontrados na usina de Jacarepaguá, e são utilizados para o transporte do composto maturado para a peneira de separação de inertes. O problema para o transporte deste tipo de resíduo é o entupimento na

entrada do transportador de canecos, levando à parada do processo e comprometendo a sua eficiência. A vantagem é de economia de espaço fisico

- Transportadores tipo dutos ou chutes

Os tranportadores tipo dutos ou chutes existem em todas as usinas visitadas nos setores de catação e transportam os resíduos diretamente para as baias de estocagem.

Na usina de São Matheus, os dutos ou chutes são fechados no fundo e servem para armazenar os resíduos separados até serem conduzidos para as baias de estocagem.

Na usina de Vitória os dutos transportam os materiais recicláveis para o andar inferior, diretamente para recipientes móveis, na maioria latões; na usina de Jacarepaguá os dutos transportam os materiais recicláveis para baias de estocagem.

6.4.3 Separação de sólido-sólido

A separação de sólidos é uma operação unitária empregada para atingir os seguintes objetivos: subdividir uma massa de sólidos constituída por granulometrias diferentes, em frações de partículas mais ou menos uniformes; obter frações de natureza relativamente homogênea a partir de misturas contendo sólidos diferentes (GOMIDE, 1980).

O método de separação mais antigo é o da catação manual; entretanto, foram desenvolvidos outros métodos que baseiam-se nas propriedades fisicas dos sólidos, por exemplo: tamanho da partícula, densidade e propriedades eletromagnéticas (GOMIDE, 1980).

Nas usinas de reciclagem são empregados os métodos de catação manual e de separação por propriedades fisicas dos sólidos. Esta última é baseada no tamanho da partícula e nas propriedades eletromagnéticas, utilizando o peneiramento e a separação magnética, respectivamente. Estas operações serão descritas a seguir, incluindo as características dos equipamentos utilizados.

- Catação manual

A catação manual é empregada nas usinas de reciclagem e compostagem para separar diferentes tipos de materiais recicláveis de uma massa de resíduos, disposta sobre um transportador de correia. A eficiência desta catação depende basicamente do operador, porém as circunstâncias em que os resíduos se apresentam são fatores importantes para o tipo de serviço realizado, além da velocidade do transportador de correias.

A massa de resíduos em geral apresenta-se disposta para o operador com as seguintes características: muito volumosa; bastante heterogênea e misturada; constituída por elementos, recicláveis ou não, de granulometrias diversas; os recicláveis muitas vezes apresentam-se danificados e sujos, tornando-se difíceis de serem identificados.

Todas as ocorrências com os resíduos antes de chegarem às mesas de catação influenciam na forma como se apresentam. Na usina de Jacarepaguá há a operação de separação mecânica (peneiramento primário) e de nivelamento dos resíduos antes da catação manual. Os resíduos apresentam granulometria um pouco menos diversificada e uma altura relativamente homogênea nos transportadores de correia. Entretanto os recicláveis retirados são aqueles localizados superficialmente a massa total de resíduos.

As condições de disposição dos resíduos para a coleta, o tipo de veículo coletor utilizado, o tempo de permanência nos fossos de estocagem, também influenciam na etapa de separação por catação manual.

O fato dos resíduos serem coletados sem uma seleção prévia o dos veículos coletores serem do tipo compactador ou triturador faz com que os resíduos cheguem às usinas bastante misturados e os recicláveis danificados, devido aos dispositivos dos caminhões coletores. Quando a matéria orgânica permanece por muito tempo nos fossos de estocagem e, considerando que o processo de biodegração iniciou logo após o descarte da mesma, os resíduos domiciliares tornam-se bastante desagradáveis para serem manuseados. Criam-se as dificuldades visuais (os recicláveis, mesclados à massa orgânica em decomposição, apresentam aspectos desagradáveis dificultando,

inclusive, a identificação de certos materiais recicláveis ou até mesmo inutilizando-os para o processo de reciclagem industrial) e odoríferas (a presença de gases provenientes da decomposição biológica tornam o ambiente e as condições de trabalho desagradáveis). Isto se verifica nas três usinas visitadas.

Na usina de Jacarepaguá, antes da entrada de cada peneira primária, há de um a dois catadores responsáveis pela catação manual do vidro claro e do vidro escuro, pois é somente nesta etapa do processo que as embalagens de vidro apresentam-se inteiras. As embalagens de vidro são conduzidas por meio de dutos para contêineres, e se quebram ao chocarem com o fundo destes.

- Peneiração

A peneiração pode ser definida como a separação de uma mistura de materiais sólidos de diversos tamanhos, em duas ou mais parcelas, mediante uma superfície peneirante que age como um calibre que deixa e não deixa grãos passarem. As parcelas finas, que atravessam a superfície peneirante, são constituídas por partículas de tamanho mais uniforme que os da mistura original (GOMIDE, 1980).

As peneiras utilizadas nos sistemas estudados são na maioria peneiras rotativas, sendo que a usina de Vitória utiliza também peneira vibratória no peneiramento do composto.

A superfície peneirante é constituída por uma rede de barras. A abertura da peneira é o espaço livre mínimo entre as bordas das aberturas na superfície peneirante, dado, usualmente, em polegadas ou em milímetros.

As peneiras rotativas consistem numa armação cilíndrica envolta por uma tela metálica ou por uma chapa perfurada, com sistema para rasgação de sacos, aberta nas duas extremidades e ligeiramente inclinada. O material é introduzido pela extremidade superior e os pedaços de maior tamanho descarregam-se pela inferior. O produto desejado cai por entre as aberturas da tela. A velocidade de rotação é relativamente baixa, de 15 a 20 rpm. A capacidade não é grande, e a eficiência é relativamente baixa.

A peneira vibratória tem as barras montadas em excêntricos de modo que o conjunto todo tem um movimento de vaivém ou efetua um movimento circular num só sentido. São usadas como equipamento padrão quando se desejam capacidade grande e elevada eficiênica. A capacidade, especialmente nos tamanhos menores, é tão maior que a de qualquer dos outros tipos de peneira que elas praticamente substituíram todos os outros, sempre que a eficiência da peneiração é um fator importante. As vantagens incluem a exatidão do dimensionamento, o aumento de capacidade por unidade de área, o baixo custo de manutenção por tonelada de material operado e a economia de espaço e de peso (PERRY & CHILTON 1985).

A peneiração nas usinas é encontrada:

- No setor de beneficiamento de composto, visando separar os materiais contaminantes do produto, e produzir um composto com granulometria mais adequada à comercialização - usinas de Vitória, São Matheus e Jacarepaguá.
- Antes das mesas de catação primária e secundária, para dividir a massa de resíduos segundo a malha da peneira, e conduzi-los para as etapas de processamento posteriores - usina de Jacarepaguá

Os problemas observados foram:

1. Entupimentos nos bocais de entrada e saída das peneiras rotativas e nos locais de transferência de resíduos entre os transportadores de correia. Os entupimentos causam paralisação das respectivas linhas de processamento.
2. Obstrução das malhas das peneiras rotativas devido aos sacos plásticos cheios e não rasgados, com diâmetro igual ao da malha da peneira. Para a desobstrução das malhas das peneiras é necessário parar a alimentação do processo e a respectiva linha de processamento.
3. o sistema de rasgamento dos sacos plásticos, encontrado na usina de Jacarepaguá, funciona com deficiência, pois é mantido um trabalhador no início das mesas de catação para rasgar os sacos plásticos fechados.
4. entupimento nos bocais de entrada e saída das peneiras secundárias;

A usina de Vitória utiliza dois sistemas de peneiração do composto e fornece para o mercado consumidor o composto grosso, proveniente da peneira rotativa, e o composto fino, proveniente da peneira vibratória. Segundo os administradores da época, a peneira vibratória produz um produto final de melhor qualidade e a procura maior se fazia pelo composto fino.

- Separação Magnética

A separação de ferro no processo das usinas é necessária, pois o ferro é um material reciclável industrialmente; não deve estar presente na etapa de trituração dos resíduos, pois danifica os martelos dos moinhos; não deve estar presente na digestão da matéria orgânica putrescível, pois contamina o composto final; no processo DANO de compostagem danifica por abrasão a estrutura interna do biodigestor.

A separação magnética baseia-se na diferença de intensidade da atração sofrida pelos sólidos ao passarem pelo campo de um eletroímã. Se um dos sólidos for mais ou menos magnético, poderá ser retido ou desviado de sua trajetória, enquanto as partículas do outro sólido não sofrem qualquer ação do campo magnético, o que permite realizar a separação. A utilização desses equipamentos é recomendável segundo PERRY & CHILTON (1985) a materiais secos ou que contêm apenas umidade superficial. A separação visa retirar pedaços de ferro maiores que 0,40cm. É aplicada com bons resultados na separação de pedaços de ferro de materiais moles ou quebradiços que vão ser submetidos a operações de fragmentação ou rações nas quais o ferro interfere.

Os separadores magnéticos são empregados nas usinas de reciclagem e compostagem para a remoção de metais ferrosos em várias etapas do processo. Os mais usuais são os eletroímãs suspensos e as polias motrizes magnéticas.

As polias motrizes magnéticas procuram remover os metais ferrosos localizados sob a massa de resíduos, que ficam mais próximos da esteira e que dificilmente são retirados pelos catadores manuais ou pelo eletroímã suspenso. As polias motrizes magnéticas conduzem o metal ferrosso até o final da esteira

transportadora, seguindo o movimento da esteira até não sofrer mais a ação do campo magnético, quando então cai num local próprio para seu armazenamento.

Nas usinas visitadas as polias magnéticas estavam localizadas no final da esteira transportadora de rejeito da usina de São Paulo, e no final da esteira transportadora de resíduos para a entrada do bioestabilizador na usina de Jacarepaguá do Rio de Janeiro.

Os ímãs suspensos são utilizados para remover o metal ferroso presente na superfície da massa dos resíduos sólidos. Na usina de São Matheus eles são instalados no final da mesa de catação e antes do processo de compostagem. Na usina de Jacarepaguá o eletroímã localiza-se no final da mesa de catação primária e antes do descarte dos resíduos na linha de rejeito. Na usina de Vitória, localiza-se após o moinho e antes da descarga dos resíduos para a compostagem.

O eletroímã suspenso é formado por uma correia movimentada por roldanas. O campo magnético do eletroímã suspenso atrai os metais ferrosos que estão na superfície da massa de resíduos, fazendo com que estes acompanhem o movimento da correia até chocarem-se com um anteparo lateral, perdendo o contato com o campo magnético e caindo num duto, conduzidos então para o local de estocagem.

Os metais localizados entre os dois eletroímãs, não sendo retirados pelos catadores, são perdidos como rejeito do processo.

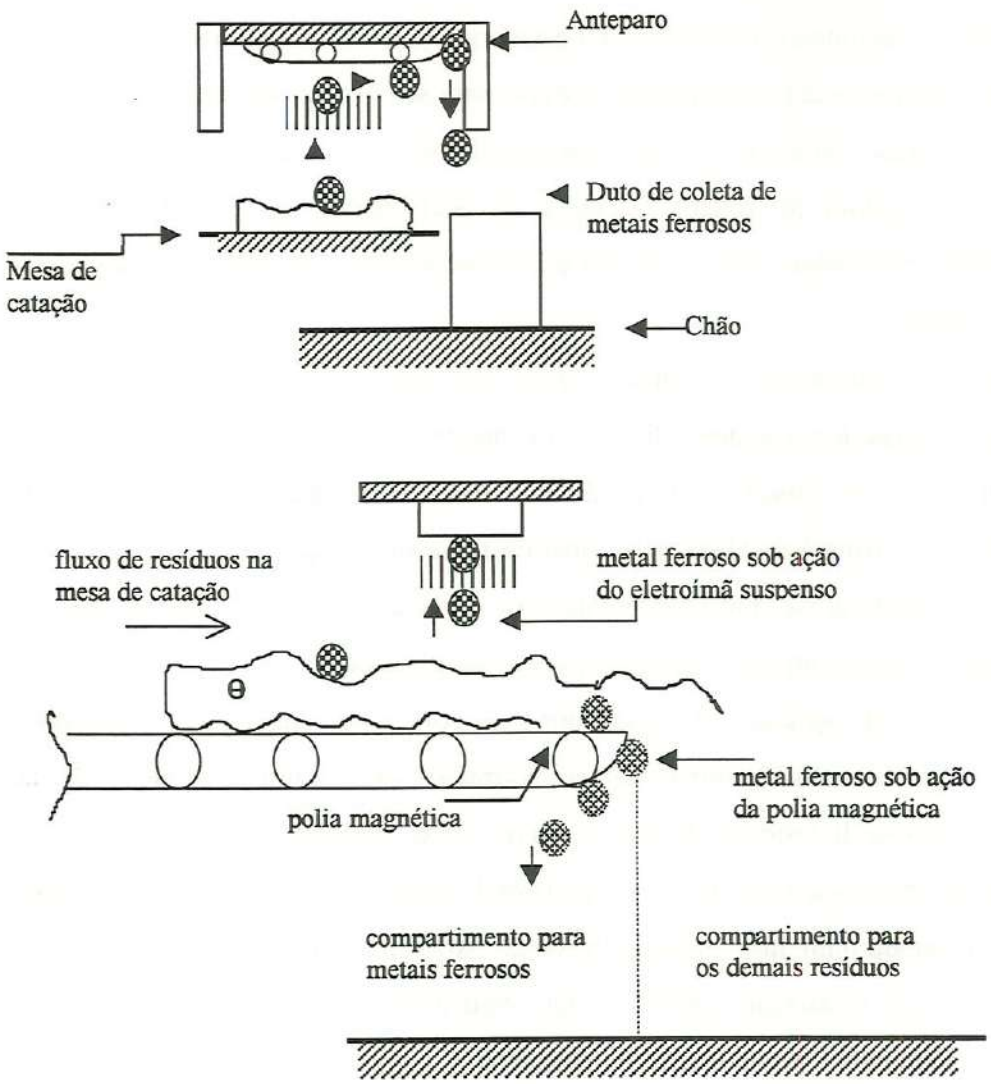


FIGURA 15 - Exemplos do funcionamento dos separadores magnéticos

6.4.4 Considerações sobre os bioestabilizadores

Os bioestabilizadores devem ter o funcionamento contínuo, de modo a não interromper o processo aeróbio de digestão da matéria orgânica putrescível e da não tornar o processo anaeróbio.Na usina de Jacarepaguá o controle de saída dos resíduos dos bioestabilizadores depende:

- do nível de resíduos no interior dos bioestabilizadores: A descarga dos bioestabilizadores é obrigatória quando o nível máximo é atingido, cessando

temporariamente a entrada de resíduos. Isto implica na parada de toda a linha de processamento anterior ao bioestabilizador (peneiras de separação primária, mesas de catação, transportadores de correia).

- de problemas no terminal de composto, como por exemplo a lotação do terminal devido a problemas operacionais na remoção do composto cru para o pátio de compostagem (por exemplo: quebra de caminhão); ou a manutenção das linhas transportadoras do composto cru para o terminal de composto.
- de problemas no terminal de rejeito ou nas linhas de rejeitos do setor secundário, como: falta de caminhão para o transporte de rejeito para o aterro; manutenção nas linhas de rejeito. O primeiro motivo causa, inclusive, a paralisação de todo o processo, enquanto o segundo leva ao fechamento das saídas dos bioestabilizadores.

Na usina de São matheus, a saída do composto cru e inertes é contínua, porém não está correlacionada à alimentação dos bioestabilizadores. Desta forma, os problemas que levam à interrupção da saída do composto cru não provocam, necessariamente, a paralisação da alimentação nos bioestabilizadores.

A saída do composto cru e dos inertes dos bioestabilizadores depende:

- dos níveis mínimo e máximo de resíduos no interior dos bioestabilizadores;
- da lotação do terminal de composto, quando ocorrem problemas na remoção do composto da saída dos bioestabilizadores para o pátio de compostagem;
- de problemas no terminal de rejeito ou na linha de rejeitos do setor secundário, levando a paralisação desta última;

Todos esses problemas levam à interrupção da saída do composto cru, mas não necessariamente à paralisação dos bioestabilizadores.

Um dos principais problemas existentes com os bioestabilizadores é o entupimento na saída. Estes entupimentos são decorrentes da presença de materiais como cordas, tecidos, arames, resíduos volumosos e de grande resistência, dentre outros. O movimento rotacional dos bioestabilizadores faz com que esses resíduos se tornem núcleos formadores de "buchas", que se assemelham a grandes novelos de

tecidos misturados com plásticos, fitas magnéticas, barbantes etc. Essas "buchas" vão crescendo e acumulando resíduos atrás de si, de modo a impedir a saída dos resíduos dos bioestabilizadores. Para o desentupimento é necessário parar o bioestabilizador. Este problema verificou-se com mais freqüência na usina de São Matheus do que na usina de Jacarepaguá. Neste caso, atribui-se à baixa freqüência a separação feita nas peneiras primárias, que destina resíduos de dimensões menores para a alimentação dos bioestabilizadores.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando os objetivos propostos neste trabalho, e com base nos resultados descritos e interpretados nos capítulos anteriores, é possível concluir que:

- A peneira rotativa de separação primária facilita o desenvolvimento dos processos de catação de recicláveis e de compostagem. Ela destina para estes setores a maior fração dos resíduos que fazem parte dos seus respectivos processos. Na linha de rejeito da catação primária, após a catação de recicláveis, o teor de matéria orgânica encontrado foi muito baixo, na ordem de 20,33% e 13,22%. Na linha de alimentação do bioestabilizador encontrou-se frações na ordem de 42,52% e 49,83%;
- A linha de rejeito após a mesa de catação primária apresenta um teor alto de materiais recicláveis que não são aproveitados no processo devido ao baixo preço de mercado. As frações encontradas eram da ordem de 43,82% e 48,59%, percentual em peso.
- As frações dos materiais recicláveis comercializados pela cooperativa que são destinados ao aterro são da ordem de 11,33% e 21,10%, percentual em peso.
- Os tecidos apresentam-se bastante sujos e molhados, sem condições para a reciclagem.
- A catação do vidro no processo é dificultada, pois, após as peneiras de separação primária, ele se apresenta basicamente na forma de caco, tornando-se assim grande contaminante do processo de compostagem. Mesmo com dificuldades para sua catação, foram encontrados nas linhas de alimentação dos biodigestores cerca de 2,30 e 4,64%, em peso.

- Nas linhas de alimentação dos bioestabilizadores, os recicláveis como papel jornal, papel branco e papelão não apresentam condições de comercialização. Permanecem úmidos e sujos, na maioria das vezes são de pequenas dimensões.

- Devido à presença de recicláveis nas linhas de alimentação dos bioestabilizadores, e que são contaminantes do processo de compostagem, justifica-se ter postos de catação ao longo de toda a linha. As frações dos filmes fotográficos, PET, plástico duro, latas ferrosas, alumínio, vidro somaram 12,27% e 10,71%. Os metais ferrosos e não ferrosos apresentavam-se na faixa de 4,52% e 2,98%. As frações de matéria orgânica, dos papéis e dos papelões destinados para o processo de compostagem totalizaram 64,24% e 68,73%.

- Os materiais recicláveis que saem dos bioestabilizadores apresentam-se muito contaminados com o composto cru, possuindo aspecto de difícil identificação e muitos saem sem condições de reaproveitamento no processo de reciclagem industrial. Os únicos recicláveis que podem ser aproveitados para reaproveitamento industrial são os metais, sendo justificável separá-los nas mesas de catação secundária. As frações de metais apresentam 4,30% e 7,00%.

- A princípio, não foi verificada correlações entre as quantidades totais e/ou as média de resíduos processados, retirada de recicláveis e produção de composto. Entretanto, existem várias coincidências nos períodos estudados, no que tange a existência de picos de produção.

- Comparando-se os processos das usinas de Jacarepaguá e São Matheus, tem-se:

- Usina de Jacarepaguá:

  ⇒ A eficiência de remoção de recicláveis, em relação ao lixo processado, ficou na faixa de 0,01 a 2,75%.

  ⇒ As eficiências de remoção dos recicláveis em relação ao lixo processado foram de (valores máximos e mínimos no período estudado):

    ⇒ Papel e papelão: 2,75% (dez/92) e 0,16%(nov/94)

    ⇒ Plásticos: 2,04% (dez/92) e 0,05% (nov/94)

    ⇒ Metais ferrosos: 1,44 (out/93) e 0,24%(abr/95)

⇒ Metais não ferrosos: 0,01% (nov e dez/94) e 0,11% (dez/92)

⇒ Vidro: 0,47% (ago/93) e 0,20% (jul/95)

⇒ O composto apresentou eficiência em abr/95 de 14,83% e 61,75% em abr/93; o rejeito apresentou eficiência de 51,06% (nov/94) e 29,09% (abr/95).

- Na usina de São Matheus :

⇒ A eficiência de remoção de recicláveis em relação ao lixo processado ficou na faixa de 0,01 a 3,12%.

⇒ As eficiências de remoção dos recicláveis em relação ao lixo processado foram de (valores máximos e mínimos no período estudado):

⇒ Metais ferroso: 3,13 (jan/95) e 1,34%(ago/94)

⇒ Papelão: 0,83% (jun/95) e 0,05%(dez/93)

⇒ Plástico duro: 0,87% (jun/93) e 0,02% (dez/93)

⇒ Plástico filme: 0,05% (jun e jul/93) e 0,01% (fev/94)

⇒ Vidro: 0,40% (jan e set/94) e 0,04% (nov/94)

⇒ Alumínio: 0,12% (fev/94) e 0,01% (nov/94 e jun/95)

⇒ O composto apresentou uma eficiência de 57,85% em abr/95, e de 35,69% em ago/94; o rejeito apresentou uma eficiência de 53,87% em nov/93 e de 39,34% em ago/94.

- De modo geral, as operações unitárias das usinas visitadas possuem os mesmos problemas, vários dos quais levam à parada do processo, e, como conseqüência, baixa a produtividade da usina. Na usina de Jacarepaguá, são definidos pela administração os motivos que levam à parada do processo. Entretanto, um item denominado "outros", não se enquadra nos demais por eles determinados. Tal item foi o que apresentou maior tempo de parada no processo, ficando em segundo lugar os problemas mecânicos e os de entupimentos das linhas de processamento, como pode ser visto a seguir.

⇒ Total tempo de paralisação / total de tempo provável = 26,95%

⇒ Total de tempo de funcionamento / total de tempo provável = 73,03%

⇒ Total de tempo de entupimento / total de tempo de parada = 22,07%

⇒ Total de defeito mecânico / total de tempo de parada = 25,71%

⇒ Total de outros / total de tempo de parada = 45,29%

⇒ Total de defeito elétrico / total de tempo de parada = 2,38%

⇒ Total de carreta / total de tempo de parada = 1,08%

⇒ Total de lixo / total de tempo de parada = 3,47%

- Os problemas de parada no processo provocado por entupimento das linhas foram identificados em várias operações unitárias.

- A eficiência de remoção de recicláveis medida em relação à quantidade de reciclável existente na massa de lixo processada apresenta as seguintes médias de remoção, na usina de Jacarepaguá:

Material	Média geral
⇒ metais ferrosos	19,76%
⇒ metais não ferrosos	10,79%
⇒ vidro	7,29%
⇒ plásticos	6,14%
⇒ papel e papelão	5,27%
⇒ rejeito	160,19%
⇒ composto	150,85%

Observa-se que a produção de metais foi a maior, seguida pelos metais não ferrosos, vidro, plástico e papel/papelão. No ano de 95 a produção de metal não ferroso foi maior do que a dos metais ferrosos, seguidos pela produção de papel e papelão, plástico e vidro.

- A eficiência de remoção de recicláveis medida em relação à quantidade de reciclável existente na massa de lixo processada apresenta as seguintes médias de remoção, na usina de São Matheus - SP:

Material	Geral[1]
Metal ferroso	88,10
Plástico duro	22,85
Vidro	13,59
Papelão (kg)	8,02
Alumínio	11,67
Plástico filme	0,11
Rejeito	773,10
Composto	69,81

Observa-se que a produção de metais foi a maior seguida pelas produções do plástico duro, vidro, alumínio, papelão e plástico filme. A produção de rejeito foi extremamente alta em relação à quantidade existente no lixo processado.

- Com o objetivo de estimar o custo energético da usina de reciclagem de Jacarepaguá, calculou-se o gasto energético teórico, considerando que os equipamentos principais estivessem em funcionamento a plena potência. Considerando-se o valor da tarifa energética da Cidade do Rio de Janeiro em 1998, chegou-se a um custo teórico médio de R$15,53/t processada.
- Os bioestabilizadores são responsáveis por 71,012% do consumo total de energia elétrica, seguido pelas pontes rolantes com 5,183%, prensas e peneiras rotativas, ambas com 4,911% cada, transportadores de correia com 4,551%, caçambas tipo pólipo com 3,929, sistemas de extração semiautomático de plástico filme com 2,455%, transportadores de chapas articuladas com 1,473%, rompedores de sacos de lixo com 0,982%, eletroímãs da separação primária com 0,295%, separadores balísticos com 0,2955% ventiladores de cabine com 0,003%.
- Verificou-se que os bioestabilizadores são os equipamentos que mais consomem energia, correspondendo a 68,88% do consumo energético.
- No levantamento das condições de risco, procurou-se verificar as situações mais críticas. Deste levantamento pode-se concluir que os trabalhadores de usinas de reciclagem convivem em ambientes bastante insalubres. A insalubridade pode ser amenizada se fizerem o uso correto dos equipamentos de proteção e se executarem os serviços dentro das normas de segurança.

Como sugestões para trabalhos futuros tem-se:

- Levantar custos de mão de obra e os custos energéticos em uma usina de grande porte comparativamente com usinas de pequeno porte, considerando as eficiências do processo.
- Avaliar o custo de transporte e destinação final do lixo com os resíduos sendo tratados nas usinas de reciclagem e compostagem e sem os sistemas de usinas.
- Considerar custos e benefícios ambientais, no que tange a segregação de recicláveis que não são destinados ao aterro e ao composto produzido.
- Avaliar a eficiência das usinas de reciclagem e compostagem considerando a coleta seletiva.
- Avaliar o tempo de vida dos equipamentos utilizados nas usinas de reciclagem e comostagem.
- Estudos sobre a corrosão nos equipamentos utilizados nas usinas.
- Estudos de processos de tratamento de águas residuárias das usinas.
- Estudar aspectos do mercado da reciclagem.
- Estudar aspectos do mercado da compostagem.
- Elaboração de programas computacionais para auxiliar na administração das usinas de reciclagem e compostagem.
- Estudar os aspectos de riscos, higiene e saúde do trabalhador de usinas, investigando, a partir de medições locais, os índices do ruído dos motores, de poeira e gases nos diversos setores das usinas, juntamente com acompanhamento médico da saúde dos trabalhadores de usinas, e avaliar o quanto as contaminações e os riscos iminentes podem realmente afetá-los.

ANEXO A

ESCALAS PARA CLASSIFICAÇÃO DO LIXO E DO COMPOSTO ORGÂNICO

TABELA A1 - Valores em material com umidade natural

UMIDADE		NÍVEL
no lixo	abaixo de 50%	Baixo
	entre 50 e 65%	Bom
	acima de 65%	Excessivo
na compostagem	abaixo de 40%	Baixo
	entre 40 e 60%	Bom
	acima de 60%	Excessivo
no composto	abaixo de 25%	Ótimo
	entre 25 e 35%	Bom
	acima de 35%	Excessivo

INDICE DE pH		NÍVEL
no composto	abaixo de 6,0	Indesejável
	entre 6,0 e 7,5	Bom
	acima de 7,5	Ótimo

RELAÇÃO C/N		NÍVEL
no lixo	abaixo de 30/1	Ótimo
	entre 30/1 e 40/1	Bom
	acima de 40/1	Indesejável
no composto	de 8/1 A 12/1	Ótimo
	de 12/1 A 18/1	Bom
	acima de 18/1	Indesejável

FOSFORO (P_2O_5)		NÍVEL
no composto	abaixo de 0,5%	Baixo
	entre 0,5 e 1,5%	Médio
	acima de 1,5%	Alto

POTASSIO (K_2O)		NÍVEL
no composto	abaixo de 0,5%	Baixo
	entre 0,5 e 1,5%	Médio
	acima de 1,5%	Alto

ENXOFRE (S)		NÍVEL
no composto	abaixo de 0,2%	Ótimo
	entre 0,2 e 0,5%	Bom
	acima de O,5%	Indesejável

CÁLCIO (CaO)		NÍVEL
no composto	abaixo de 2,0%	Baixo
	entre 2,0 e 4,0%	Médio
	acima de 4,0%	Alto

MAGNÉSIO (MgO)		NÍVEL
no composto	abaixo de 1,0	Baixo
	entre 1,0 e 2,0	Médio
	acima de 2,0	Alto

Fonte: KIEHL & PORTA (1987)

TABELA A2 - Valores em material seco a 110°C

MATÉRIA ORGÂNICA TOTAL		NÍVEL
no lixo	abaixo de 60%	Baixo
	entre 60 e 70%	Bom
	acima de 70%	Ótimo
no composto	abaixo de 50%	Baixo
	entre 50 e 60%	Bom
	acima de 60%	Ótimo

MATÉRIA ORGÂNICA RESISTENTE		NÍVEL
no composto	abaixo de 10%	Ótimo
	entre 10 e 15%	Bom
	acima de 15%	Indesejável

RESÍDUO MINERAL TOTAL (Cinza Bruta)		NÍVEL
no composto	abaixo de 20%	Ótimo
	entre 20 e 40%	Bom
	acima de 40%	Indesejável

RESÍDUO SOLÚVEL		NÍVEL
no composto	abaixo de 10%	Indesejável
	entre 10 e 20%	Bom
	acima de 20%	Ótimo

NITROGÊNIO TOTAL		NÍVEL
no lixo	abaixo de 1,3%	Indesejável
	entre 1,3 e 1, 8%	Bom
	acima de 1,8%	Ótimo
no composto	abaixo de 1,8%	Indesejável
	entre 1,8 e 3,5 %	Bom
	acima de 3,5%	Ótimo

Fonte: KIEHL & PORTA (1987)

TABELA A3 - Parâmetros utilizados na indicação do grau de maturação dos compostos orgânicos do lixo urbano.

Parâmetros	Faoxas de concentração e coloração
Índice de pH	7,5 a 8,9
Matéria Orgânica Total (%)	43 a 39
Matéria Orgânica Oxidável (%)	31 a 26
Carbono Orgânico Total (%)	25 a 22
Carbono Orgânico oxidável (%)	17 a 14
Demanda Química de Oxigênico (mg/g)	455 a 390
Nitrogênio Total (%)	1,8 a 3,0
Relação Carbono Nitrogênio C/N	15 a 9
Amido (%)	0,1 a 0,04
Celulose (%)	14 a 8
Lignina (%)	15 a 7
Ácidos Húmicos (%)	3 a 4
Capacidade De Troca Catiônica (me/100g)	500 a 700
Amido	vermelho claro
Amônia	alaranjado
Nitrato	vermelho escuro

Fonte: VILLANI & PEREIRA NETO (1993).

ANEXO B

FOTOGRAFIAS DAS USINAS DE RECICLAGEM E COMPOSTAGEM VISITADAS E DOS SEUS EQUIPAMENTOS

FIGURA B1 - Pátio de alimentação e fossos de estocagem (Jacarepaguá - RJ).

FIGURA B2 - Descarga do lixo no fosso de estocagem (Jacarepaguá - RJ).

FIGURA B3 - Moega de alimentação e transportador de chapas articuladas, parede frontal com escudo de alimentação (Jacarepaguá - RJ).

FIGURA B4 - Moega de alimentação em funcionamento (Jacarepaguá - RJ).

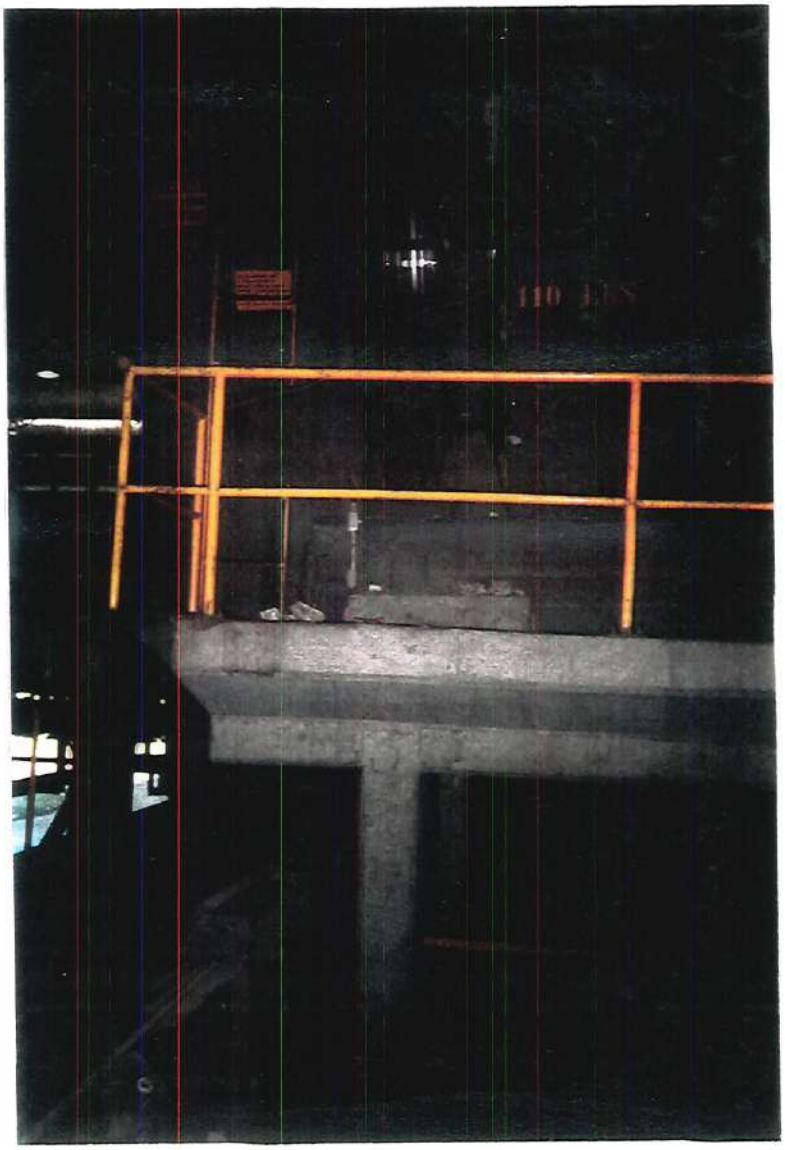


FIGURA B5 - Vista lateral da peneira de separação primária (Jacarepaguá - RJ).

FIGURA B6 - Esteira transportadora conduzindo os resíduos da peneira de separação primária para o setor de catação primária (Jacarepaguá - RJ).

FIGURA B7 - Mesas de catação primária (Jacarepaguá - RJ).

FIGURA B8 - Eletroíma da mesa de catação primária (Jacarepaguá - RJ).

FIGURA B9 - Transportador pneumático (Jacarepaguá - RJ).

FIGURA B10 - Resíduos causadores de entupimento das linhas e acumulados na entrada da moega de transferência (Jacarepaguá - RJ).

FIGURA B11 - Sucatas ferrosas (Jacarepaguá - RJ).

FIGURA B12 - Baias de estocagem de plástico duro e de metais ferrosos (Jacarepaguá - RJ).

FIGURA B13 - Baias de estocagem de sucata ferrosa, e linhas de rejeito (Jacarepaguá - RJ).

FIGURA B14 - Baias de estocagem de plásticos (Jacarepaguá - RJ).

FIGURA B15 - Baias de estocagem de alumínio (Jacarepaguá - RJ).

FIGURA B16 - Saída da peneira primária e alimentação do bioestabilizador (Jacarepaguá - RJ).

FIGURA B17 - Entrada do bioestabilizador com contêiner de remoção de metais ferrosos (Jacarepaguá - RJ).

FIGURA B18 - Bioestabilizador e prédio de catação secundária (Jacarepaguá - RJ).

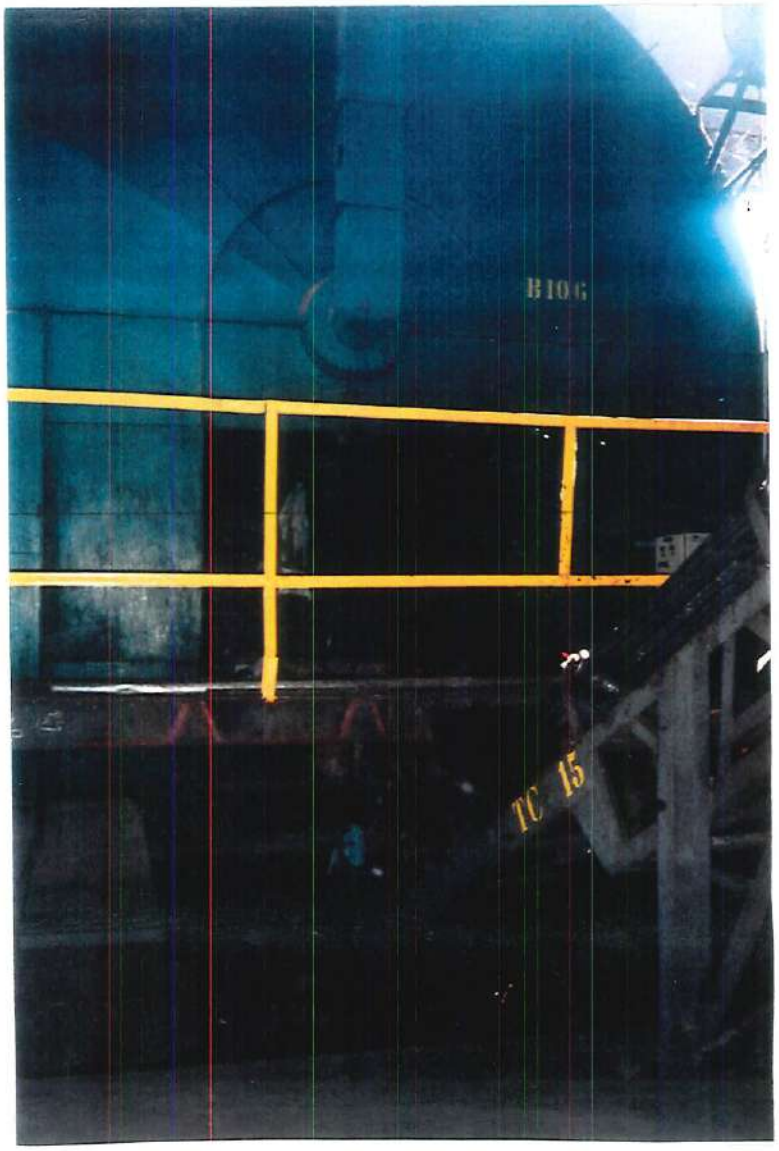


FIGURA B19 - Saída do bioestabilizador no prédio de catação secundária (Jacarepaguá - RJ).

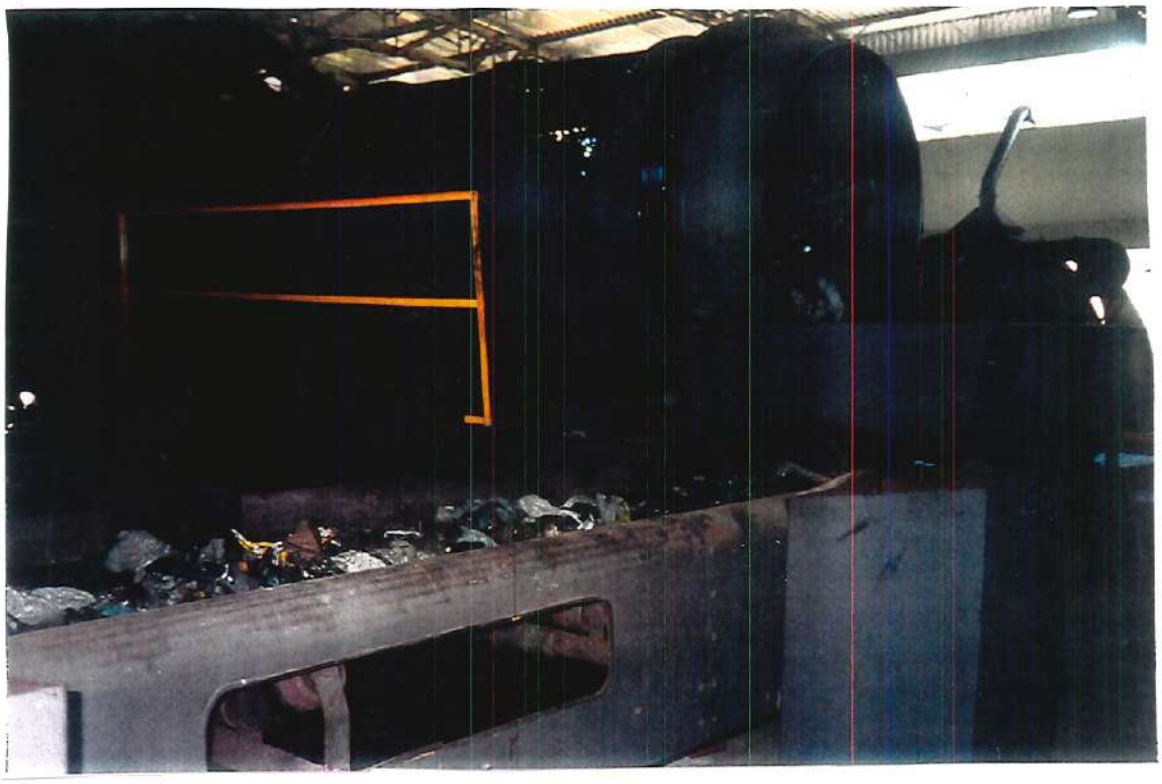


FIGURA B20 - Peneira e mesa de catação secundárias (Jacarepaguá - RJ).

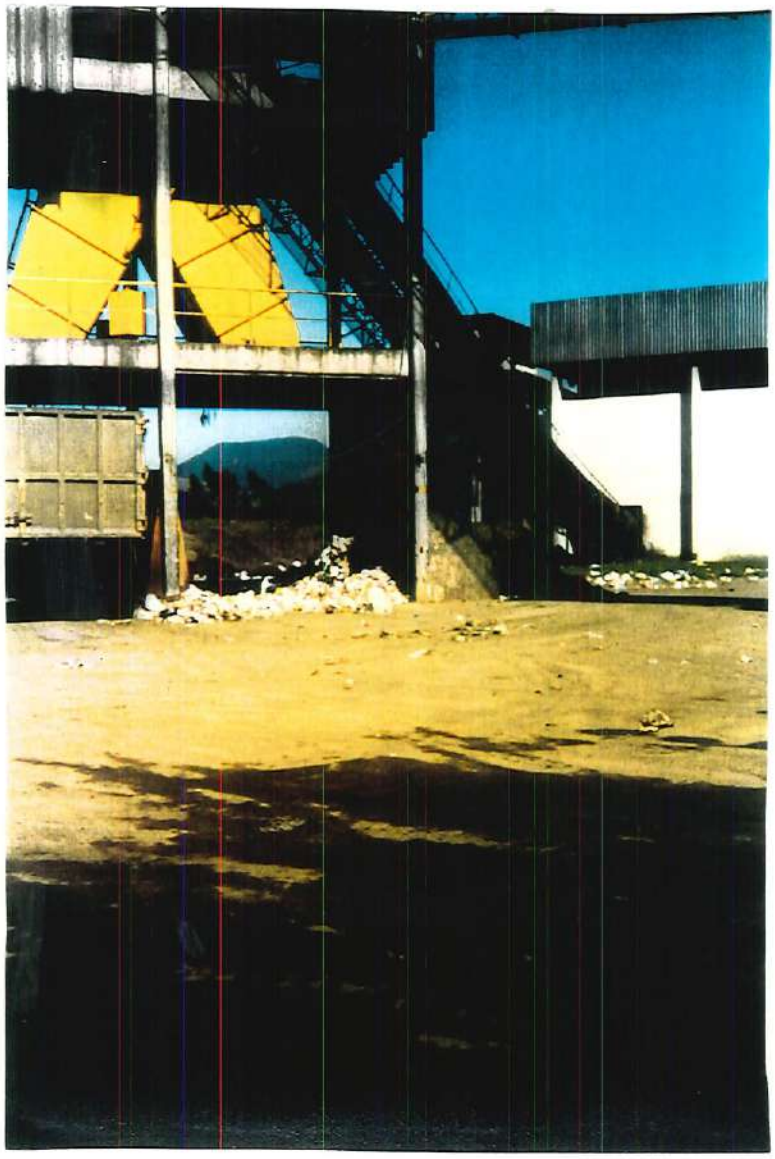


FIGURA B21 - Terminal de rejeito e linhas de rejeito das mesas de catação secundárias (Jacarepaguá - RJ).

FIGURA B22 - Transportador de correia do composto cru após o peneiramento secundário (Jacarepaguá - RJ).

FIGURA B23 - Saída do terminal de composto (Jacarepaguá - RJ).

FIGURA B24 - Leiras de compostagem - pátio de compostagem (Jacarepaguá - RJ).

FIGURA B25 - Moega de alimentação, peneira rotativa, e transportador de canecos-setor de beneficiamento do composto (Jacarepaguá - RJ).

FIGURA B26 - Saída do composto maturado e peneirado (Jacarepaguá - RJ).

FIGURA B27 - Saída dos rejeitos do setor de beneficiamento do composto (Jacarepaguá - RJ).

FIGURA B28 - E.T.E. - tanque de aeração (Jacarepaguá - RJ).

FIGURA B29 - E.T.E. - Leitos de secagem (Jacarepaguá - RJ).

FIGURA B30 - Pátio de descarga do lixo (São Matheus - SP).

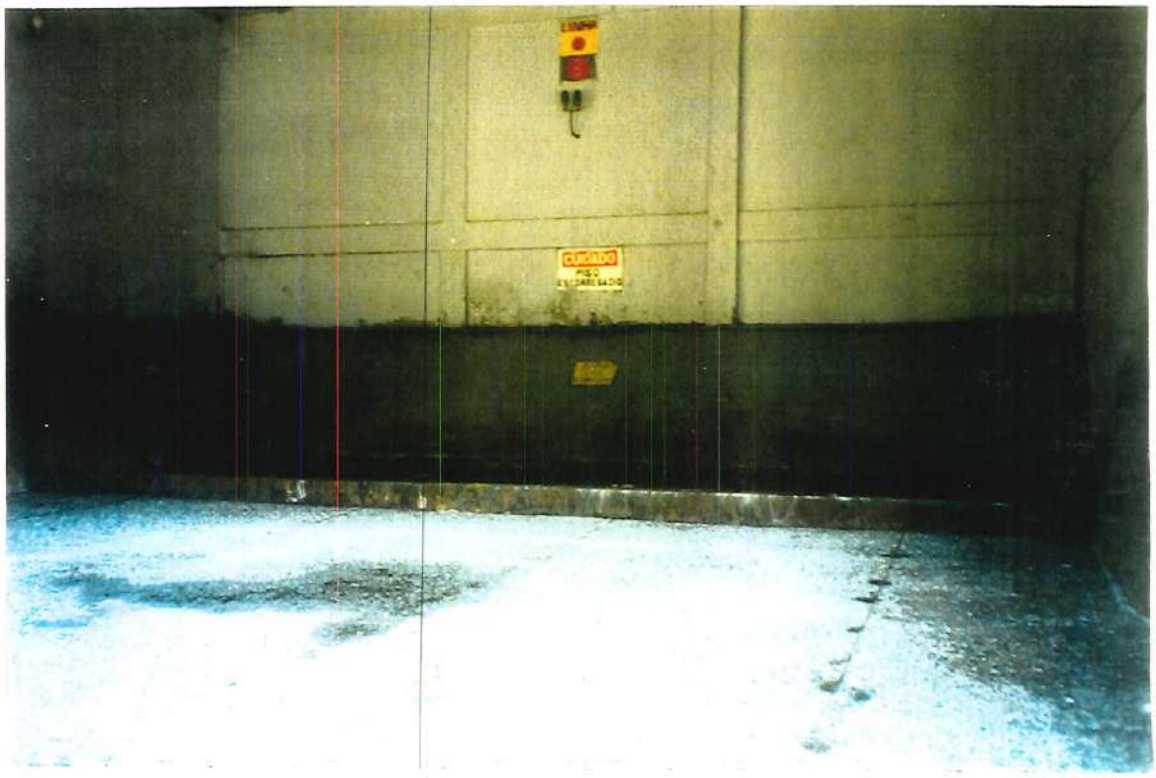


FIGURA B31 - Entrada da moega de alimentação (São Matheus - SP).

FIGURA B32 - Pá mecânica transportando o lixo para a moega de alimentação (São Matheus - SP).

FIGURA B33 - Entrada da moega de alimentação em funcionamento (São Matheus - SP).

FIGURA B34 - Transportadores de chapas articuladas (São Matheus - SP).

FIGURA B35 - Transportadores de chapas articuladas em funcionamento (São Matheus - SP).

FIGURA B36 - Mesa de catação de recicláveis (São Matheus - SP).

FIGURA B37 - Eletroímã suspenso no final da mesa de catação (São Matheus - SP).

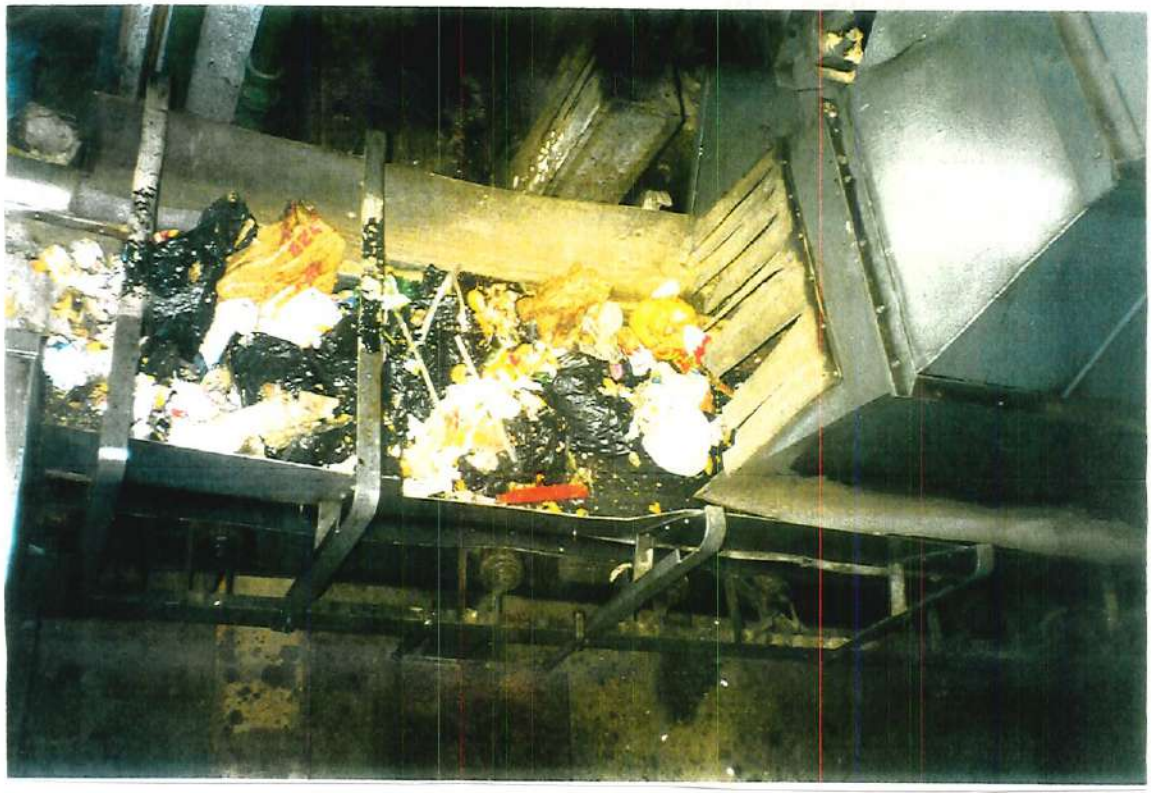


FIGURA B38 - Resíduos após o eletroímã e entrada do duto de alimentação do bioestabilizador (São Matheus - SP).

FIGURA B39 - Saída dos dutos de descarga dos recicláveis (São Matheus - SP).

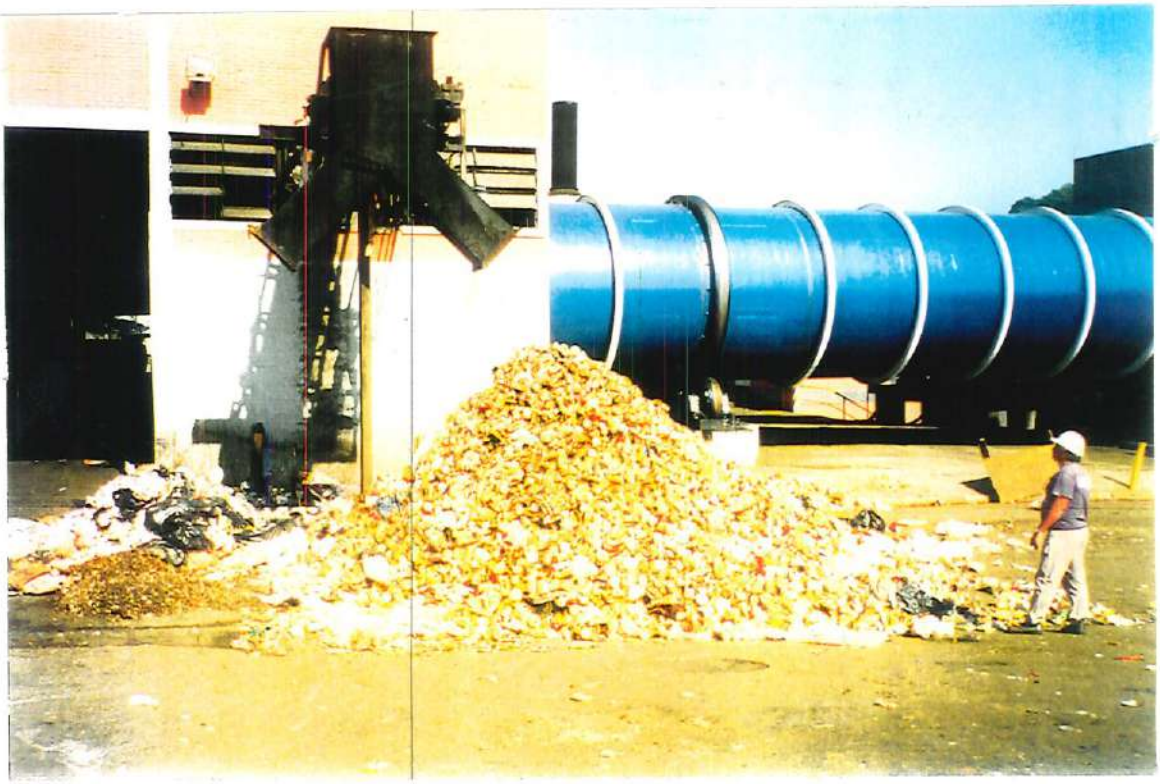


FIGURA B40 - Ponto de descarga dos materiais ferrosos; bioestabilizador (saída do prédio das mesas de catação). (São Matheus - SP).

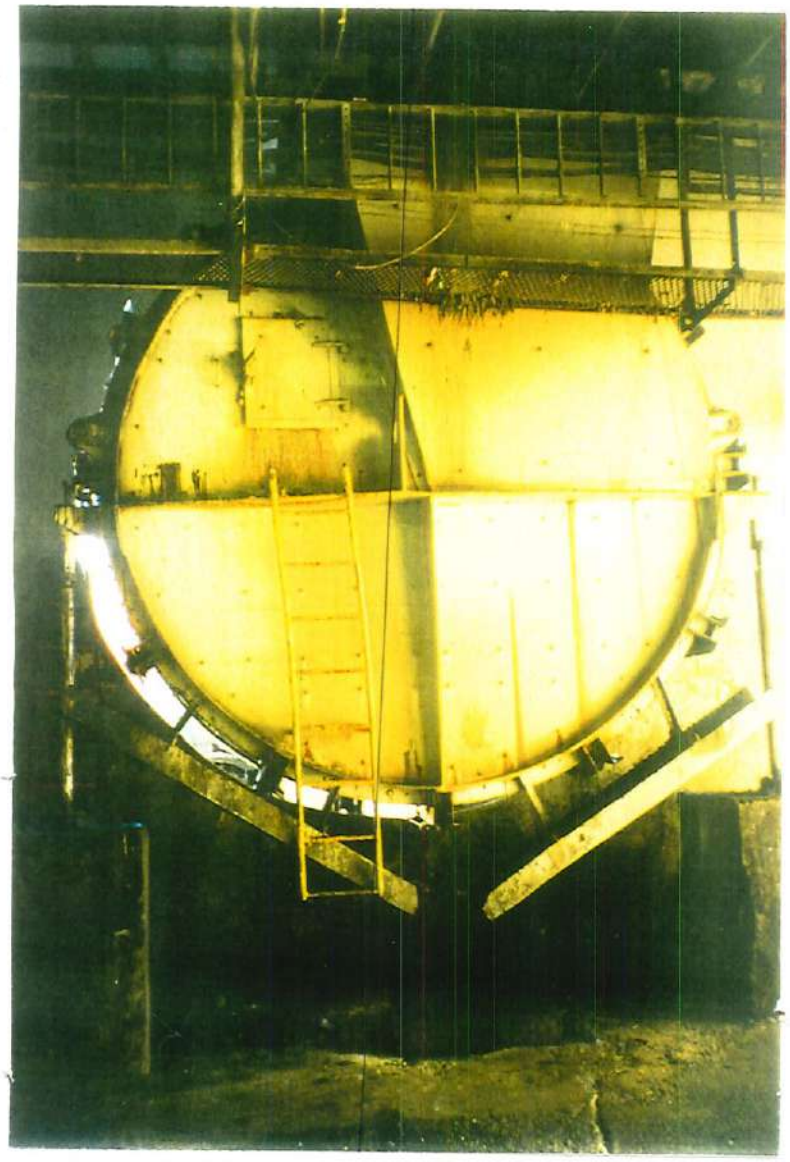


FIGURA B41 - Entrada do bioestabilizador (São Matheus - SP).

FIGURA B42 - Bioestabilizador e prédio de saída dos bioestabilizadores (São Matheus - SP).

FIGURA B43 - Saída do bioestabilizador (São Matheus - SP).

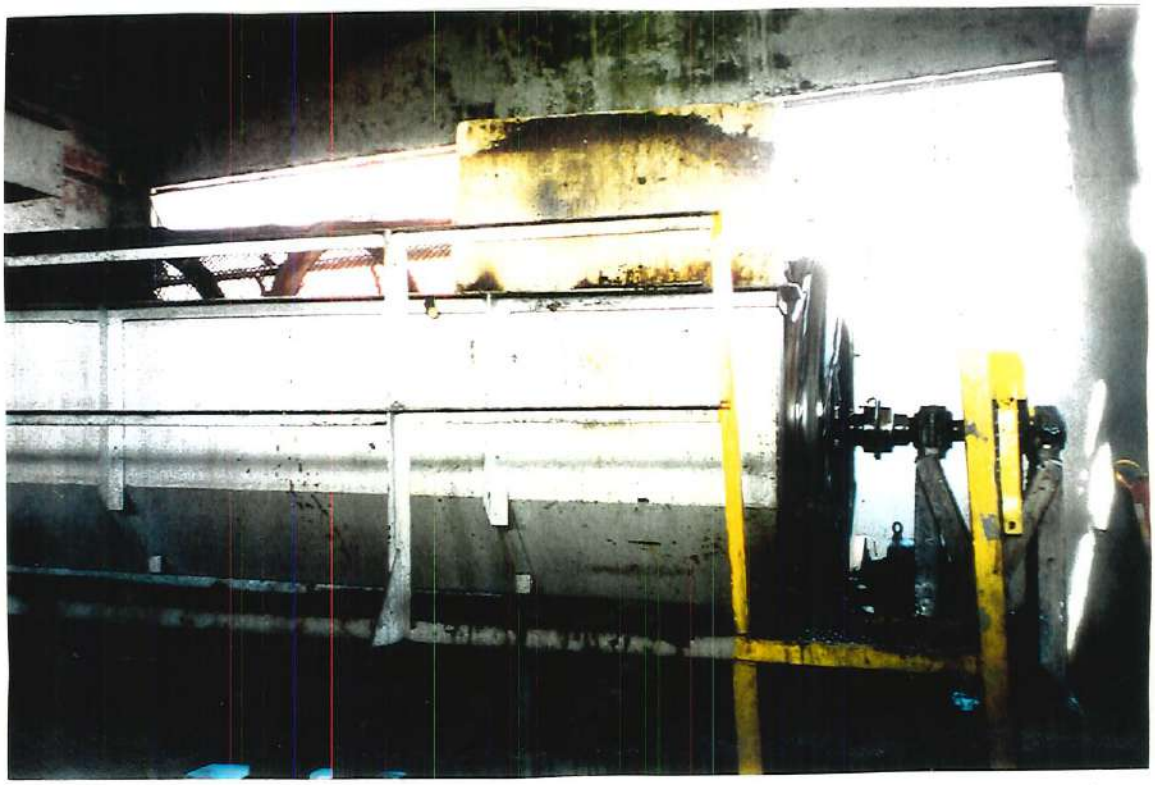


FIGURA B44 - Peneira rotativa (São Matheus - SP).

FIGURA B45 - Linha de catação do terminal de rejeito (São Matheus - SP).

FIGURA B46 - Saídas e baias de estocagem do terminal de rejeito (São Matheus - SP).

FIGURA B47 - Separador balístico do teminal de rejeito (São Matheus - SP).

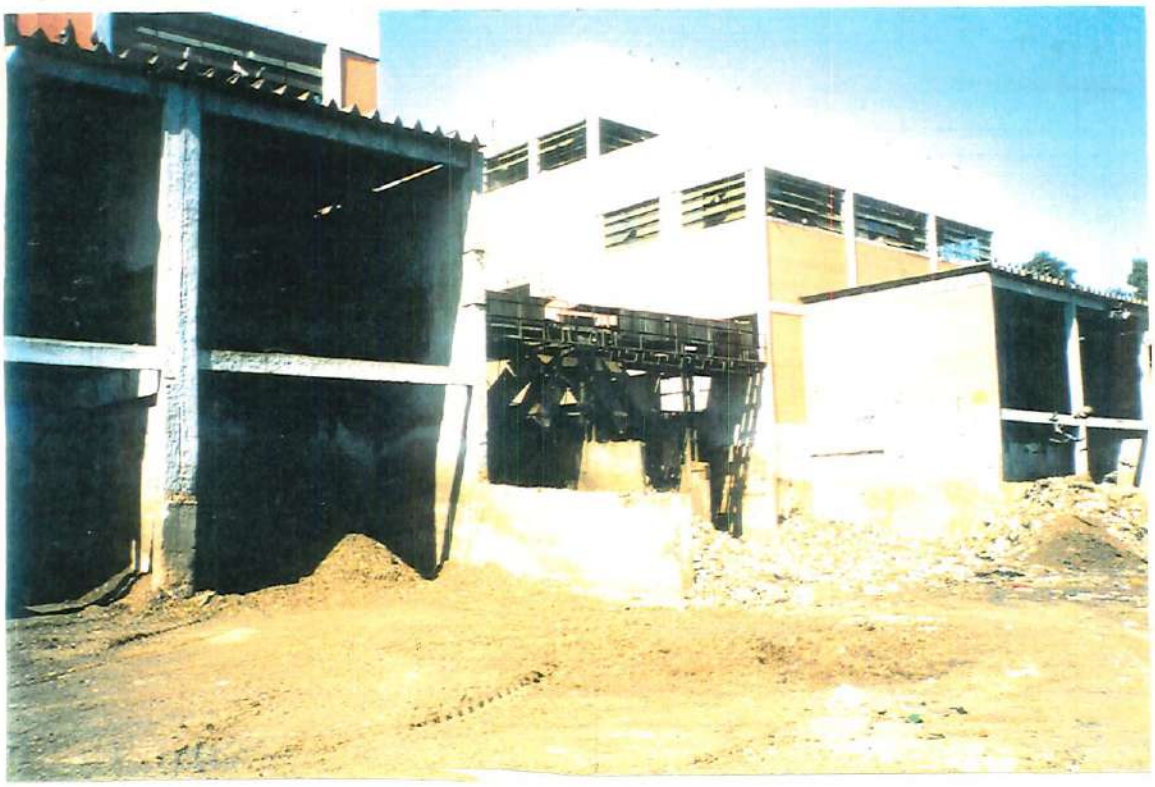


FIGURA B48 - Vista geral dos terminais de composto e de rejeito (São Matheus - SP).

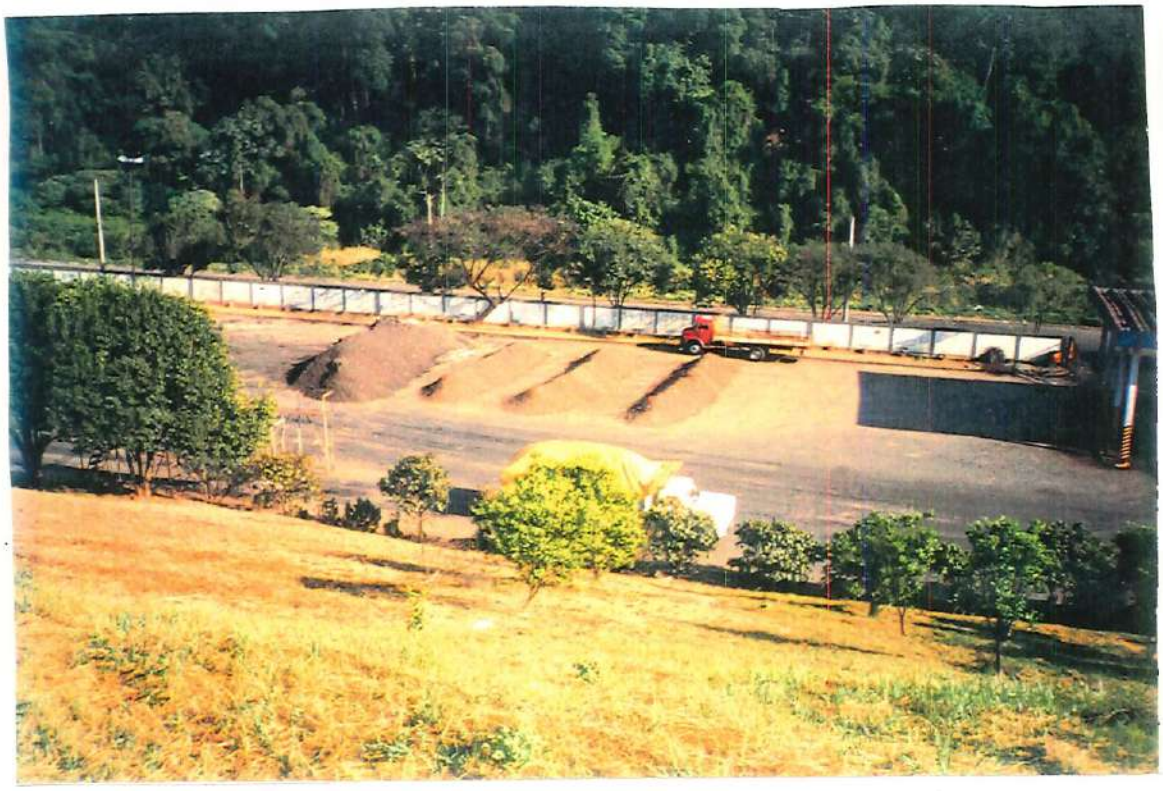


FIGURA B49 - Leiras de composto cru e pátio de compostagem (São Matheus - SP).

FIGURA B50 - Fosso de estocagem de resíduos (Vitória - ES).

FIGURA B51 - Garra tipo pólipo alimentando as moegas de alimentação do processo (Vitória - ES).

FIGURA B52 - Moega de alimentação e tambor revolvedor (Vitória - ES).

FIGURA B53 - Vista geral da mesa de catação (Vitória - ES).

FIGURA B54 - Término da mesa de catação, entrada do moinho (Vitória - ES).

FIGURA B55 - Saída do moinho, eletroíma e esteira transportadora do terminal de composto (Vitória - ES).

FIGURA B56 - Vista lateral da mesa de catação, dutos de transporte, mesas de separação de recicláveis e prensa (Vitória - ES).

FIGURA B57 - Fardos de papel e papelão - estoque em galpão (Vitória - ES).

FIGURA B58 - Fardos de plástico filme - estoque em pátio (Vitória - ES).

FIGURA B59 - Terminal de composto (Vitória - ES).

FIGURA B60 - Leiras de compostagem estáticas aeradas (Vitória - ES).

FIGURA B61 - Sistema de aeração da compostagem (Vitória - ES).

FIGURA B62 - Saída do rejeito da peneira rotativa (Vitória - ES).

FIGURA B63 - Saída do composto da peneira rotativa e esteira transportadora de alimentação da peneira vibratória (Vitória - ES).

FIGURA B64 - Peneira vibratória e composto peneirado (Vitória - ES).

FIGURA B65 - Amostragem dos resíduos sólidos da linha de catação primária para caracterização física (Jacareapguá - RJ).

FIGURA B66 - Caracterização física dos resíduos sólidos da mesa de catação primária - recicláveis separados por categoria (Jacarepaguá - RJ).

FIGURA B67 - Quarteamento dos resíduos sólidos da linha de alimentação dos bioestabilizadores (Jacarepaguá - RJ).

FIGURA B68 - Separação física dos resíduos sólidos da linha de alimentação dos bioestabilizadores (Jacarepaguá - RJ).

FIGURA B69 - Amostragem dos resíduos sólidos da linha de catação secundária para caracterização física (Jacarepaguá - RJ).

FIGURA B70 - Higienizadores da usina de reciclagem e compostagem do sistema TRIGA (Caju - RJ).

ANEXO C

MODELO DO QUESTIONÁRIO UTILIZADO NAS VISITAS TÉCNICAS ÀS USINAS DE RECICLAGEM E COMPOSTAGEM

Este questionário posssui 8* páginas contendo 23 perguntas sobre o funcionamento de um sistema de processamento de lixo comumente chamado de Usina de Reciclagem e Compostagem de Lixo Domiciliar. As informações nele contidas poderão ser utilizadas na dissertação de mestrado da Engenheira Química Lilian de Assis Machado e em publicações científicas.

DATA: _____

ASSINATURA: _____

FUNÇÃO: _____

1) Contato: _____

Empresa / Entidade:

Endereço: _____

_____

Tel: _____

FAX: _____

2) Quantidade de lixo processada na usina:

Capacidade nominal da usina: _____

3) Quais as características dos setores que geram o lixo destinado à usina (residencial, industrial, comercial)? _____

4) Há coleta especial para os resíduos de serviços de saúde e os resíduos industriais no Município? ( ) SIM ( ) NÃO

5) Quais as outras formas de tratamento e/ou disposição final existentes?

( ) Aterro sanitário ( ) Aterro controlado

( ) Aterro para resíduos de serviços de saúde (vala séptica)

( ) Aterro industrial ( ) Incineração

( ) Lixão

( ) Outros: _____

6) Quais os tipos de veículos utilizados na coleta domiciliar?

( ) Cuca ( ) Vega-Sopave

( ) Colecom ( ) Sita 6000

( ) Outros: _____

7) Existe balança na entrada da usina: ( ) SIM ( ) NÃO

---

* O questionário utilizado durante as visitas continha 8 páginas, com espaços suficientes para o preenchimento das respostas.

7.1) Qual o tipo de balança utilizado (modelo, sistema mecânico ou computacional)? ___

8) Quais os problemas de rotina relativos às operações unitárias da usina e aos equipamentos? Esses problemas ocasionam parada total e/ou parcial do processo? Por quanto tempo?

a) pesagem ___

b) vazamento do lixo ___

c) esteira de catação ___

d) bioestabilizador ___

e) pátio de compostagem ___

f) peneiramento do composto ___

g) eletroímã ___

h) baias de estocagem; ___

i)outras etapas do processo ___

9) Há manutenção preventiva nos equipamentos? ( ) SIM ( ) NÃO

10) Quais os períodos de manutenção dos equipamentos? Há parada total e/ou parcial do processo para realizá-la? ___

11) Quais os principais problemas encontrados durante o período de manutenção? (exemplos: não há peças no estoque; alto índice de corrosão nos equipamentos; equipamentos que danificam constantemente, outros) ___

12) Há controle diário da produção de recicláveis, rejeito e composto? Como ele é feito? ___

13) Quantos funcionários existem nas etapas de operação da usina (por turno):

SETORES	HOMENS	MULHERES
recepção do lixo		
vazamento do lixo		
esteira de catação		
pátio de compostagem		
peneiramento do composto		
manutenção		
bioestabilizador		
peneira secundária		
separador balístico		
baias de reciclagem e estocagem de recicláveis		
outros setores		
TOTAL		

14) Os recicláveis são vendidos com facilidade? ( ) SIM ( ) NÃO

15) Quais as formas de venda dos recicláveis? _____

16) Quantos funcionários manipulam cada material nas etapas de processamento e qual a média mensal da produção dos mesmos:

Tipo de material	Setor	Nº de funcionários	Quantidade mensal

17) Quais as características dos recicláveis obtidos quanto à qualidade para o mercado consumidor, segundo as opções:

(a) muito sujo (b) muita umidade (c) ferrugem

(d) sem condições de reaproveitamento (e) ótimas condições

(f) 100% reaproveitável (g) só é reaproveitavel após um pré-tratamento (citar)

h) outros (citar)

Tipo de material	Opções	Comentários
Papel		
Papelão		
Plástico duro		
Plástico filme		
Latas		
Alumínio		
Vidro		
Trapos		
Rejeitos		
Composto		

17.1) As vendas dos recicláveis variam conforme os períodos do ano? (Exemplo: o papel jornal vende mais nos primeiros meses do ano, não havendo comprador para os demais meses?) _____

18) Qual o percentual da receita gerada, devido à venda dos recicláveis e composto, com relação aos gastos de operação e manutenção da usina? _____

19) É realizado monitoramento nas leiras de compostagem (temperatura, umidade, pH, relação C/N)? _____

20) É realizado algum controle de qualidade antes da liberação do composto para o mercado consumidor? (Teor de metais; umidade; granulometria; teste de germinação; relação C/N; teor de Na, K, PO4; outros.) _____

21) Há algum serviço especializado em segurança, saúde e higiene dos trabalhadores? Quais os programas até então desenvolvidos ou em desenvolvimento?

_____

22) Há algum controle quanto ao uso dos EPI pelos funcionários que trabalham diretamente com os resíduos? _____

23) Quais as causas mais freqüentes dos acidentes e suas conseqüências (afastamento, mutilação etc.)? _____

ANEXO D

TABELAS E GRÁFICOS DECORRENTES DAS ANÁLISES DOS DADOS DE PRODUÇÃO DA USINA DE RECICLAGEM E COMPOSTAGEM DE JACAREPAGUÁ – RJ

TABELA D1 - Quantidade de recicláveis existentes no lixo processado, calculado a partir da caracterização física do lixo domiciliar da região de coleta da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ[1].

Período	Resíduos (kg)								
Mês/Ano	Papel e papelão	Plástico	Metal ferroso	Vidro	Metal não ferroso	Rejeito	Composto	Total	Total reciclado na usina
Dez/92	929.259,94	496.545,45	144.361,87	109.106,40	20.782,17	941.135,47	1.069.910,71	3.711.102,00	232.650,40
Jan/93	1.948.689,42	1.041.272,54	302.731,70	228.799,80	43.580,91	1.973.592,80	2.243.638,82	7.782.306,00	348.869,00
Fev/93	2.356.612,31	1.259.244,12	366.103,11	276.694,90	52.703,79	2.386.728,76	2.713.304,03	9.411.391,00	371.772,50
Mar/93	2.807.065,13	1.499.941,35	436.081,60	329.583,53	62.777,81	2.842.938,17	3.231.936,41	11.210.324,00	439.297,50
Abr/93	2.351.111,27	1.256.304,66	365.248,52	276.049,01	52.580,76	2.381.157,42	2.706.970,36	9.389.422,00	472.238,00
Mai/93	2.491.394,86	1.331.264,51	387.041,77	292.520,00	55.718,10	2.523.233,78	2.868.486,98	9.949.660,00	492.308,00
Jun/93	2.461.379,42	1.315.225,90	382.378,83	288.995,83	55.046,82	2.492.834,74	2.833.928,46	9.829.790,00	516.113,00
Jul/93	2.447.901,89	1.308.024,25	380.285,08	287.413,40	54.745,41	2.479.184,98	2.818.411,00	9.775.966,00	501.361,00
Ago/93	2.353.659,84	1.257.666,48	365.644,44	276.348,24	52.637,76	2.383.738,56	2.709.904,68	9.399.600,00	524.680,70
Set/93	2.313.530,74	1.236.223,69	359.410,33	271.636,60	51.740,30	2.343.096,62	2.663.701,72	9.239.340,00	360.834,00
Out/93	2.428.594,54	1.297.707,47	377.285,65	285.146,48	54.313,62	2.459.630,90	2.796.181,34	9.698.860,00	412.801,50
Nov/93	2.499.542,88	1.335.618,36	388.307,58	293.476,68	55.900,32	2.531.485,92	2.877.868,26	9.982.200,00	321.315,60
Dez/93	2.946.001,07	1.574.181,08	457.665,50	345.896,29	65.885,01	2.983.649,65	3.391.901,39	11.765.180,00	353.611,50
Jan/94	2.617.018,04	1.398.390,63	406.557,52	307.269,69	58.527,56	2.650.462,36	3.013.124,21	10.451.350,00	299.791,50
Fev/94	2.441.985,94	1.304.863,09	379.366,03	286.718,80	54.613,10	2.473.193,42	2.811.599,62	9.752.340,00	262.212,00
Mar/94	2.868.637,49	1.532.842,24	445.646,96	336.812,87	64.154,83	2.905.297,39	3.302.828,23	11.456.220,00	234.280,00
Abr/94	1.970.512,78	1.052.933,75	306.121,99	231.362,12	44.068,98	1.995.695,06	2.268.765,32	7.869.460,00	111.682,00
Mai/94	2.881.127,44	1.539.516,18	447.587,29	338.279,34	64.434,16	2.917.946,96	3.317.208,63	11.506.100,00	123.441,00
Jun/94	2.170.168,97	1.159.619,04	337.138,87	254.804,18	48.534,13	2.197.902,76	2.498.641,03	8.666.809,00	98.304,00
Jul/94	2.340.411,18	1.250.587,12	363.586,24	274.792,69	52.341,46	2.370.320,58	2.694.650,73	9.346.690,00	101.458,00
Ago/94	2.727.254,14	1.457.294,74	423.682,85	320.212,75	60.992,90	2.762.107,22	3.140.045,40	10.891.590,00	144.523,00
Set/94	2.131.144,38	1.138.766,45	331.076,34	250.222,22	47.661,38	2.158.379,46	2.453.709,77	8.510.960,00	121.075,00
Out/94	2.227.971,56	1.190.505,57	346.118,59	261.590,91	49.826,84	2.256.444,04	2.565.192,50	8.897.650,00	118.334,00
Nov/94	2.290.536,50	1.223.936,84	355.838,14	268.936,79	51.226,06	2.319.808,54	2.637.227,13	9.147.510,00	81.315,00

TABELA D1 - Quantidade de recicláveis existentes no lixo processado, calculado a partir da caracterização física do lixo domiciliar da região de coleta da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ[1] (continuação).

Período	Resíduos (kg)								
Mês/Ano	Papel e papelão	Plástico	Metal ferroso	Vidro	Metal não ferroso	Rejeito	Composto	Total	Total reciclado na usina
Dez/94	2.938.546,66	1.570.197,86	456.507,45	345.021,05	65.718,30	2.976.099,98	3.383.318,70	11.735.410,00	90.321,00
Jan/95	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fev/95	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mar/95	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Abr/95	1.151.431,38	745.535,12	169.262,64	117.481,64	22.828,19	847.426,77	2.513.884,28	5.567.850,00	208.791,00
Mai/95	2.787.686,75	1.804.986,73	409.795,34	284.430,32	55.268,45	2.051.672,74	6.086.269,67	13.480.110,00	522.507,00
Jun/95	2.602.801,34	1.685.276,11	382.616,83	265.566,29	51.602,93	1.915.601,38	5.682.615,12	12.586.080,00	410.977,00
Jul/95	2.839.705,22	1.838.667,94	417.442,16	289.737,82	56.299,77	2.089.957,13	6.199.839,98	13.731.650,00	313.218,00
Total	**69.321.683,08**	**38.103.139,27**	**10.690.891,22**	**7.994.906,62**	**1.526.511,82**	**67.610.723,55**	**89.495.064,44**	**284.742.920,00**	**8.590.082,20**

Obs.: [1] No mês de janeiro de 1995 a usina funcionou por 3 dias, quando ocorreu um incêndio, reiniciando suas atividades em 17/4/95; no período de dezembro de 1992 a dezembro de 1994, utilizou-se a caracterização de 1993; no período de abril de 1995 a julho de 1995, utilizou-se a caracterização de 1995 - item 5.1.1. Os cálculos foram feitos segundo a equação: reciclável existente = % caracterização * lixo processado.

TABELA D2 - Eficiência de remoção de reciclável em relação ao lixo processado da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá-RJ[1].

Período	Resíduos (%)						
Mês/Ano	Papel e papelão	Plástico	Metal ferroso	Vidro	Metal não ferroso	Rejeito	Composto
Dez/92	2,75	2,04	1,02	0,34	0,11	34,83	0,00
Jan/93	1,71	1,45	0,85	0,37	0,09	39,10	44,40
Fev/93	1,66	1,20	0,71	0,30	0,07	37,18	48,19
Mar/93	1,65	1,22	0,69	0,31	0,05	33,56	55,99
Abr/93	2,28	1,40	1,01	0,29	0,05	34,27	61,74
Mai/93	2,10	1,30	1,09	0,39	0,07	33,50	53,81
Jun/93	2,16	1,43	1,19	0,40	0,07	32,29	54,71
Jul/93	2,01	1,35	1,34	0,35	0,07	37,13	52,75
Ago/93	2,10	1,55	1,39	0,47	0,08	36,49	47,22
Set/93	1,66	1,15	0,65	0,40	0,05	39,26	48,64
Out/93	1,41	1,02	1,44	0,31	0,07	38,49	48,85
Nov/93	1,12	0,88	0,87	0,29	0,06	35,63	44,49
Dez/93	1,23	0,72	0,81	0,20	0,05	34,00	47,67
Jan/94	0,80	0,67	1,08	0,25	0,06	37,08	53,92
Fev/94	0,90	0,60	0,88	0,26	0,05	33,61	51,27
Mar/94	0,61	0,48	0,73	0,19	0,03	39,20	53,25
Abr/94	0,44	0,43	0,40	0,11	0,04	30,30	41,14
Mai/94	0,26	0,27	0,36	0,16	0,02	39,51	24,96
Jun/94	0,39	0,30	0,29	0,11	0,04	47,81	33,85
Jul/94	0,52	0,19	0,25	0,11	0,02	42,75	34,15
Ago/94	0,37	0,22	0,54	0,16	0,03	45,02	57,30
Set/94	0,34	0,09	0,88	0,09	0,03	41,93	50,22
Out/94	0,43	0,16	0,64	0,04	0,05	45,69	53,77
Nov/94	0,16	0,06	0,60	0,05	0,01	51,06	51,03
Dez/94	0,17	0,05	0,50	0,04	0,01	37,22	42,45
Jan/95[2]	-	-	-	-	-	-	-
Fev/95[2]	-	-	-	-	-	-	-
Mar/95[2]	-	-	-	-	-	-	-
Abr/95	2,19	1,13	0,24	0,10	0,08	29,09	14,83
Mai/95	2,00	1,22	0,51	0,05	0,09	36,36	48,07
Jun/95	1,77	0,85	0,54	0,01	0,09	34,51	49,29
Jul/95	1,50	0,38	0,33	0,00	0,07	32,76	52,94

Obs.: [1]os cálculos foram feitos baseados nas tabelas 34 e 37, item 5.1.6, segundo a equação: Eficiência em relação ao lixo processado =(produção de reciclável / lixo processado)*100; [2] no mês de janeiro de 1995 a usina funcionou por 3 dias, quando ocorreu um incêndio, reiniciando suas atividades em 17/4/95.

TABELA D3 - Eficiência de remoção de reciclável em relação ao total de reciclável produzido na usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá-RJ[1].

Período	Resíduos (%)						
Mês/Ano	Papel e papelão	Plástico	Metal ferroso	Vidro	Metal não ferroso	Rejeito	Composto
Dez/92	43,86	32,51	16,33	5,46	1,83	555,67	0,00
Jan/93	38,23	32,46	18,97	8,27	2,09	872,29	990,40
Fev/93	42,14	30,36	18,09	7,57	1,84	941,24	1219,94
Mar/93	42,13	31,19	17,49	7,82	1,37	856,45	1428,79
Abr/93	45,28	27,81	20,16	5,67	1,07	681,44	1227,58
Mai/93	42,53	26,28	21,93	7,89	1,37	677,05	1087,53
Jun/93	41,18	27,18	22,70	7,63	1,30	614,99	1042,03
Jul/93	39,26	26,37	26,16	6,83	1,38	723,93	1028,54
Ago/93	37,57	27,77	24,85	8,42	1,38	653,80	845,86
Set/93	42,44	29,42	16,69	10,12	1,33	1005,18	1245,51
Out/93	33,19	24,02	33,87	7,19	1,72	904,29	1147,81
Nov/93	34,88	27,34	26,99	8,98	1,82	1106,92	1382,04
Dez/93	41,04	23,86	26,80	6,65	1,64	1131,08	1586,08
Jan/94	27,77	23,36	37,80	8,82	2,25	1292,65	1879,82
Fev/94	33,56	22,29	32,55	9,73	1,88	1250,11	1906,78
Mar/94	29,93	23,56	35,80	9,50	1,22	1916,64	2603,75
Abr/94	30,73	30,57	28,05	7,97	2,69	2135,21	2898,93
Mai/94	24,45	24,95	33,91	14,47	2,22	3682,84	2326,37
Jun/94	34,47	26,51	25,76	10,10	3,17	4215,21	2984,25
Jul/94	47,82	17,90	22,62	10,10	1,56	3938,61	3145,92
Ago/94	27,97	16,43	40,70	12,41	2,49	3392,68	4318,12
Set/94	23,92	6,62	61,60	6,09	1,78	2947,22	3530,48
Out/94	32,50	12,13	48,23	3,13	4,02	3435,71	4043,34
Nov/94	18,29	6,92	67,36	6,09	1,35	5743,82	5740,88
Dez/94	21,54	6,64	64,49	5,59	1,74	4836,55	5515,47
Jan/95[2]	-	-	-	-	-	-	-
Fev/95[2]	-	-	-	-	-	-	-
Mar/95[2]	-	-	-	-	-	-	-
Abr/95	58,45	30,21	6,47	2,64	2,23	775,87	395,60
Mai/95	51,58	31,59	13,17	1,22	2,44	938,17	1240,12
Jun/95	54,36	26,06	16,65	0,25	2,68	1056,97	1509,58
Jul/95	65,74	16,64	14,48	0,21	2,93	1436,17	2320,94

Obs.: [1] os cálculos foram feitos baseados nas tabelas 34 e 37, item 5.1.6, segundo a equação: Eficiência percentual em peso dos recicláveis =(produção do reciclável / total de reciclado)*100; [2] no mês de janeiro de 1995 a usina funcionou por 3 dias, quando ocorreu um incêndio, reiniciando suas atividades em 17/4/95.

TABELA D4 - Eficiência de remoção de reciclável em relação ao total de reciclável existente no lixo processado (caracterização) na usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá-RJ[1].

Período	Resíduos (%)						
Mês/Ano	Papel e papelão	Plástico	Metal ferroso	Vidro	Metal não ferroso	Rejeito	Composto
Dez/92	10,98	15,23	26,31	11,65	20,52	137,36	0,00
Jan/93	6,84	10,87	21,86	12,60	16,70	154,19	154,00
Fev/93	6,65	8,96	18,37	10,17	12,95	146,61	167,15
Mar/93	6,59	9,13	17,62	10,42	9,60	132,34	194,21
Abr/93	9,10	10,45	26,07	9,70	9,62	135,15	214,16
Mai/93	8,40	9,72	27,89	13,27	12,15	132,10	186,65
Jun/93	8,64	10,67	30,64	13,63	12,20	127,33	189,77
Jul/93	8,04	10,11	34,49	11,91	12,63	146,40	182,96
Ago/93	8,37	11,59	35,66	15,99	13,79	143,91	163,77
Set/93	6,62	8,59	16,76	13,44	9,25	154,80	168,72
Out/93	5,64	7,64	37,06	10,41	13,09	151,77	169,45
Nov/93	4,48	6,58	22,33	9,83	10,44	140,50	154,31
Dez/93	4,93	5,36	20,70	6,80	8,80	134,05	165,35
Jan/94	3,18	5,01	27,87	8,60	11,51	146,21	187,03
Fev/94	3,60	4,48	22,49	8,90	9,00	132,54	177,83
Mar/94	2,44	3,60	18,82	6,61	4,47	154,56	184,69
Abr/94	1,74	3,24	10,23	3,85	6,81	119,49	142,70
Mai/94	1,05	2,00	9,35	5,28	4,25	155,80	86,57
Jun/94	1,56	2,25	7,51	3,90	6,41	188,53	117,41
Jul/94	2,07	1,45	6,31	3,73	3,01	168,59	118,45
Ago/94	1,48	1,63	13,88	5,60	5,90	177,52	198,74
Set/94	1,36	0,70	22,53	2,95	4,51	165,33	174,21
Out/94	1,73	1,21	16,49	1,41	9,56	180,18	186,52
Nov/94	0,65	0,46	15,39	1,84	2,14	201,34	177,01
Dez/94	0,66	0,38	12,76	1,46	2,39	146,78	147,24
Jan/95[2]	-	-	-	-	-	-	-
Fev/95[2]	-	-	-	-	-	-	-
Mar/95[2]	-	-	-	-	-	-	-
Abr/95	10,60	8,46	7,98	4,69	20,37	191,16	32,86
Mai/95	9,67	9,15	16,79	2,23	23,10	238,93	106,46
Jun/95	8,58	6,36	17,89	0,39	21,33	226,77	109,18
Jul/95	7,25	2,84	10,87	0,22	16,27	215,24	117,25

Obs.: [1] os cálculos foram feitos baseados nas tabelas 37 e D1, itens 5.1.6 e anexo D, segundo a equação: Eficiência em relação da quantidade de reciclável existente = (reciclado produzido / qtde de reciclável existente)*100; [2] no mês de janeiro de 1995 a usina funcionou por 3 dias, quando ocorreu um incêndio, reiniciando suas atividades em 17/4/95.

TABELA D5 - Consumo teórico de energia da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá -RJ.

Período	Consumo energético teórico (Kwh)[1]					
Mês / Ano	Pontes rolantes[2]	Caçambas tipo pólipo	Rompedores de sacos de lixo	Eletroímãs da separação primária	Sist. de extração semiautomático de plástico filme	Prensas [3]
Jan/93	46.043,10	34.898,76	8.724,69	2.617,41	21.811,73	43.623,45
Fev/93	42.784,66	32.429,00	8.107,25	2.432,18	20.268,13	40.536,25
Mar/93	45.541,94	34.518,90	8.629,73	2.588,92	21.574,31	43.148,63
Abr/93	47.543,04	36.035,65	9.008,91	2.702,67	22.522,28	45.044,57
Mai/93	46.625,72	35.340,36	8.835,09	2.650,53	22.087,73	44.175,45
Jun/93	48.208,89	36.540,34	9.135,09	2.740,53	22.837,71	45.675,43
Jul/93	56.335,50	42.699,98	10.674,99	3.202,50	26.687,48	53.374,97
Ago/93	53.744,69	40.736,25	10.184,06	3.055,22	25.460,16	50.920,31
Set/93	48.890,69	37.057,11	9.264,28	2.779,28	23.160,70	46.321,39
Out/93	50.488,03	38.267,83	9.566,96	2.870,09	23.917,40	47.834,79
Nov/93	60.387,29	45.771,07	11.442,77	3.432,83	28.606,92	57.213,83
Dez/93	52.267,77	39.616,80	9.904,20	2.971,26	24.760,50	49.521,00
Jan/94	41.066,90	31.127,01	7.781,75	2.334,53	19.454,38	38.908,76
Fev/94	37.025,73	28.063,97	7.015,99	2.104,80	17.539,98	35.079,97
Mar/94	44.893,79	34.027,63	8.506,91	2.552,07	21.267,27	42.534,54
Abr/94	25.068,70	19.001,03	4.750,26	1.425,08	11.875,65	23.751,29
Mai/94	47.691,79	36.148,40	9.037,10	2.711,13	22.592,75	45.185,51
Jun/94	41.506,08	31.459,89	7.864,97	2.359,49	19.662,43	39.324,86
Jul/94	34.778,48	26.360,64	6.590,16	1.977,05	16.475,40	32.950,81
Ago/94	43.611,67	33.055,84	8.263,96	2.479,19	20.659,90	41.319,80
Set/94	40.333,75	30.571,31	7.642,83	2.292,85	19.107,07	38.214,14
Out/94	40.360,32	30.591,45	7.647,86	2.294,36	19.119,65	38.239,31
Nov/94	39.547,48	29.975,35	7.493,84	2.248,15	18.734,59	37.469,19
Dez/94	38.956,00	29.527,04	7.381,76	2.214,53	18.454,40	36.908,79
jan/95[7]	2.948,53	2.234,86	558,72	167,61	1.396,79	2.793,58
fev/95[7]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
mar/95[7]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Abr/95	19.001,63	14.402,45	3.600,61	1.080,18	9.001,53	18.003,06
Mai/95	45.051,40	34.147,09	8.536,77	2.561,03	21.341,93	42.683,87
Jun/95	43.498,33	32.969,93	8.242,48	2.472,74	20.606,21	41.212,42
Jul/95	43.454,06	32.936,38	8.234,09	2.470,23	20.585,23	41.170,47

TABELA D5 - Consumo teórico de energia da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá -RJ (continuação).

Período	Consumo energético teórico (kWh)[1]					
Mês / Ano	Bioestabilizadores[4]	Separadores balísticos	Ventiladores de cabine	Peneiras rotativas[5]	Transportado-res de chapas articuladas	Transporta-dores de correia[6]
Jan/93	630.795,09	2.617,41	42,12	43.623,45	13.087,04	40.424,40
Fev/93	586.154,20	2.432,18	39,14	40.536,25	12.160,88	37.563,59
Mar/93	623.929,13	2.588,92	41,66	43.148,63	12.944,59	39.984,39
Abr/93	651.344,45	2.702,67	43,49	45.044,57	13.513,37	41.741,30
Mai/93	638.777,07	2.650,53	42,65	44.175,45	13.252,64	40.935,92
Jun/93	660.466,72	2.740,53	44,10	45.675,43	13.702,63	42.325,90
Jul/93	771.802,05	3.202,50	51,54	53.374,97	16.012,49	49.460,80
Ago/93	736.307,70	3.055,22	49,17	50.920,31	15.276,09	47.186,15
Set/93	669.807,34	2.779,28	44,72	46.321,39	13.896,42	42.924,49
Out/93	691.691,07	2.870,09	46,19	47.834,79	14.350,44	44.326,91
Nov/93	827.312,02	3.432,83	55,24	57.213,83	17.164,15	53.018,15
Dez/93	716.073,73	2.971,26	47,81	49.521,00	14.856,30	45.889,46
Jan/94	562.620,69	2.334,53	37,57	38.908,76	11.672,63	36.055,45
Fev/94	507.256,30	2.104,80	33,87	35.079,97	10.523,99	32.507,43
Mar/94	615.049,47	2.552,07	41,07	42.534,54	12.760,36	39.415,34
Abr/94	343.443,66	1.425,08	22,93	23.751,29	7.125,39	22.009,53
Mai/94	653.382,40	2.711,13	43,63	45.185,51	13.555,65	41.871,90
Jun/94	568.637,51	2.359,49	37,97	39.324,86	11.797,46	36.441,04
Jul/94	476.468,64	1.977,05	31,82	32.950,81	9.885,24	30.534,41
Ago/94	597.484,25	2.479,19	39,90	41.319,80	12.395,94	38.289,68
Set/94	552.576,50	2.292,85	36,90	38.214,14	11.464,24	35.411,77
Out/94	552.940,42	2.294,36	36,92	38.239,31	11.471,79	35.435,09
Nov/94	541.804,46	2.248,15	36,18	37.469,19	11.240,76	34.721,45
Dez/94	533.701,17	2.214,53	35,64	36.908,79	11.072,64	34.202,15
Jan/95[7]	40.395,15	167,61	2,70	2.793,58	838,07	2.588,72
Fev/95[7]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mar/95[7]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Abr/95	260.324,28	1.080,18	17,38	18.003,06	5.400,92	16.682,84
Mai/95	617.208,73	2.561,03	41,21	42.683,87	12.805,16	39.553,72
Jun/95	595.931,53	2.472,74	39,79	41.212,42	12.363,72	38.190,17
Jul/95	595.324,99	2.470,23	39,75	41.170,47	12.351,14	38.151,30

TABELA D5 - Consumo teórico de energia da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá -RJ (continuação).

Período	Consumo energético (kWh)[1]											
Mês / Ano	Pontes rolantes[2]	Caçambas tipo pólipo	Rompe-dores de sacos de lixo	Eletroímãs da sep. primária	Sist. de extr. Semi-automático de plástico filme	Prensas [3]	Bioestabili-zadores[4]	Separado-res balísticos	Ventilado-res de cabine	Peneiras rotativas[5]	Transporta-dores de chapas articuladas	Transporta-dores de correia[6]
Total (jan/93 a jul/95)	1.227.655,96	930.512,35	232.628,09	69.788,43	581.570,22	1.163.140,44	16.819.010,71	69.788,43	1.123,05	1.163.140,44	348.942,13	1.077.843,47
Média (jan/93 a jul/95)	42.332,96	32.086,63	8.021,66	2.406,50	20.054,15	40.108,29	579.965,89	2.406,50	38,73	40.108,29	12.032,49	37.167,02
Total (jan/93 a dez/93)	598.861,32	453.912,06	113.478,02	34.043,40	283.695,04	567.390,08	8.204.460,56	34.043,40	547,84	567.390,08	170.217,02	525.781,47
Média (jan/93 a dezl/93)	49.905,11	37.826,01	9.456,50	2.836,95	23.641,25	47.282,51	683.705,05	2.836,95	45,65	47.282,51	14.184,75	43.815,12
Total (jan/94 a dez/94)	474.840,69	359.909,57	89.977,39	26.993,22	224.943,48	449.886,96	6.505.365,47	26.993,22	434,38	449.886,96	134.966,09	416.895,25
Média (jan/94 a dez/94)	39.570,06	29.992,46	7.498,12	2.249,43	18.745,29	37.490,58	542.113,79	2.249,43	36,20	37.490,58	11.247,17	34.741,27
Total (jan/95 a jul/95)	153.953,95	116.690,72	29.172,68	8.751,80	72.931,70	145.863,39	2.109.184,68	8.751,80	140,84	145.863,39	43.759,02	135.166,75
Média (jan/95 a jul/95)	38.488,49	29.172,68	7.293,17	2.187,95	18.232,92	36.465,85	527.296,17	2.187,95	35,21	36.465,85	10.939,75	33.791,69

Obs.: [1] Os cálculos foram feitos a partir das tabelas 38 e 39, item 5.1.8, pela seguinte equação: consumo (Kwh) = potência (Kw) vezes a qtde de motores (por equipamento) vezes tempo total de operação (hora); [2] está representado o somatório dos consumos energéticos dos motores das pontes rolantes relacionadas na tabela 39; [3] está representado dos consumos energéticos dos motores de todas as prensas relacionadas na tabela 39; [4] está representado o somatório dos consumos energéticos dos bioestabilizadores, das portas de saída, dos exaustores e ventiladores pertencentes aos bioestabilizadores relacionadas na tabela 39; [5] está representado o somatório dos consumos energéticos das peneiras rotativas relacionadas na tabela 39; [6] está representado o somatório dos consumos energéticos dos transportadores de correia relacionadas na tabela 39; [7] no mês de janeiro de 1995 a usina funcionou por 3 dias, quando ocorreu um incêndio, reiniciando suas atividades em 17/4/95.

TABELA D6 - Relações percentuais dos consumos energéticos por equipamentos, da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ[1].

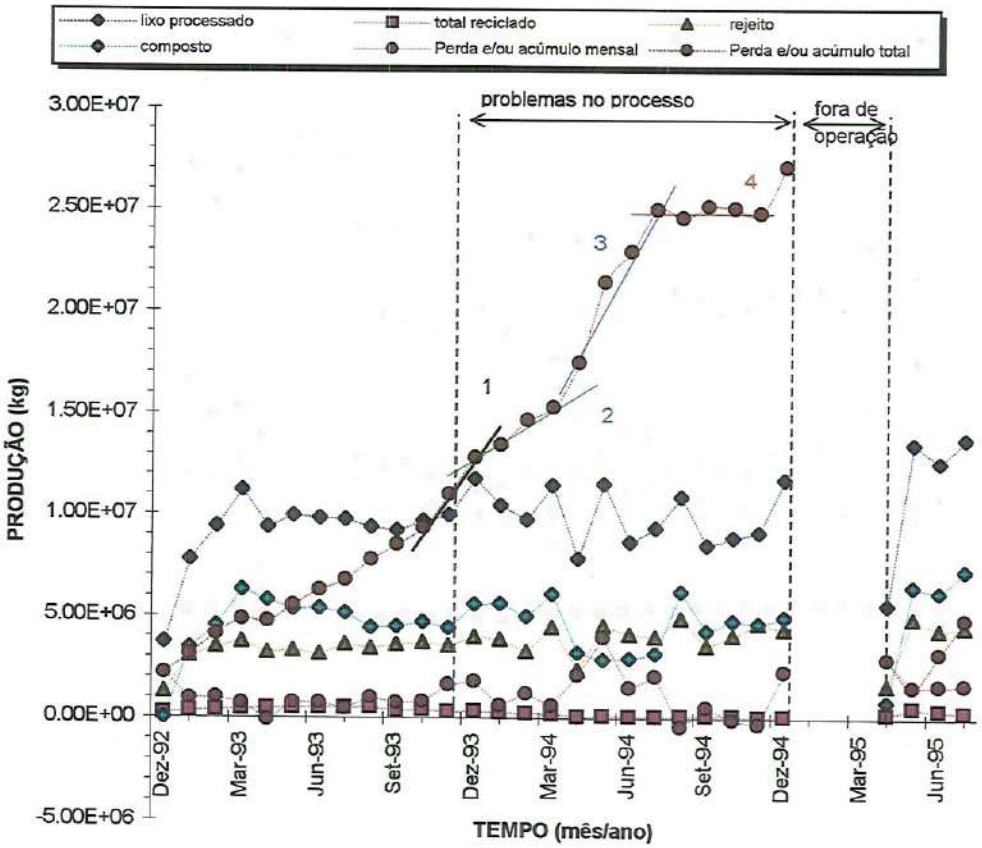
Equipamentos	Consumo energético (%)
Bioestabilizadores[4]	71,012
Pontes rolantes[2]	5,183
Prensas [3]	4,911
Peneiras rotativas[5]	4,911
Transportadores de correia[6]	4,551
Caçambas tipo pólipo	3,929
Sistemas de extração semiautomático de plástico filme	2,455
Transportadores de chapas articuladas	1,473
Rompedores de sacos de lixo	0,982
Eletroímãs da separação primária	0,295
Separadores balísticos	0,295
Ventiladores de cabine	0,003
Total	**100,000**

Obs.: [1] Os cálculos foram feitos a partir da tabela 39, item 5.1.8, pela seguinte equação: consumo % = potência (Hp) vezes a qtde de motores (por equipamento) vezes 100 dividido pelo total da potência consumida por todos os equipamentos; [2] está representado o somatório das potências dos motores das pontes rolantes relacionadas na tabela 39; [3] está representado o somatório das potências dos motores de todas as prensas relacionadas na tabela 39; [4] está representado o somatório das potências dos motores dos bioestabilizadores, das portas de saída, dos exaustores e ventiladores pertencentes aos bioestabilizadores relacionadas na tabela 39; [5] está representado o somatório das potências dos motores das peneiras rotativas relacionadas na tabela 39; [6] está representado o somatório das potências dos motores de todos os transportadores de correia relacionadas na tabela 39.

TABELA D7 - Consumo de energia e custo teóricos da telada proecessada da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ.

Mês / Ano	Consumo total (Kwh)	Valor da energia consumida (Reais)	Custo teórico da t processada (Real/t)
Jan/93	888.308,63	162.187,39	20,84
Fev/93	825.443,71	150.709,51	16,01
Mar/93	878.639,73	160.422,04	14,31
Abr/93	917.246,99	167.470,95	17,84
Mai/93	899.549,15	164.239,68	16,51
Jun/93	930.093,30	169.816,43	17,28
Jul/93	1.086.879,77	198.442,51	20,30
Ago/93	1.036.895,33	189.316,35	20,14
Set/93	943.247,10	172.218,06	18,64
Out/93	974.064,57	177.844,71	18,34
Nov/93	1.165.050,93	212.715,00	21,31
Dez/93	1.008.401,12	184.113,88	15,65
Jan/94	792.302,96	144.658,67	13,84
Fev/94	714.336,80	130.423,61	13,37
Mar/94	866.135,08	158.138,94	13,80
Abr/94	483.649,88	88.304,80	11,22
Mai/94	920.116,91	167.994,94	14,60
Jun/94	800.776,06	146.205,69	16,87
Jul/94	670.980,50	122.507,62	13,11
Ago/94	841.399,10	153.622,65	14,10
Set/94	778.158,36	142.076,15	16,69
Out/94	778.670,84	142.169,72	15,98
Nov/94	762.988,78	139.306,49	15,23
Dez/94	751.577,43	137.223,01	11,69
jan/95(2)	56.885,92	-	-
fev/95(2)	-	-	-
mar/95(2)	-	-	-
Abr/95	366.598,14	66.933,49	12,02
Mai/95	869.175,82	158.694,12	11,77
Jun/95	839.212,49	153.223,42	12,17
Jul/95	838.358,35	153.067,47	11,15
Total geral (jan/93 a jul/95)	23.685.143,71	4.314.047,31	434,79
Média geral(jan/93 a jul/95)	816.729,09	154.073,12	15,53
Total (jan/93 a dez/93)	11.553.820,30	2.109.496,51	217,16
Média (jan/93 a dez/93)	962.818,36	175.791,38	18,10
Total (jan/94 a dez/94)	9.217.978,61	1.672.632,30	170,52
Média (jan/94 a dez/94)	709.075,28	139.386,03	14,21
Total (jan/95 a jul/95)	2.970.230,72	531.918,49	47,11
Média (jan/95 a jul/95)	742.557,68	132.979,62	11,78

Obs.: A tarifa energética no Rio de Janeiro em 1998é R$ 0,18258 por Kwh; (2) no mês de janeiro de 1995 a usina funcionou por 3 dias, quando ocorreu um incêndio, reiniciando suas atividades em 17/4/95.



Obs.: intervalos de mudança de comportamento da curva: (1) - nov/93 a dez/93; (2) - de dez/93 a mar/94; (3) - mar/94 a jul/94; (4) - jul/94 a nov/94.

FIGURA D1 - Gráfico dos totais da produção e das curvas de perda e/ou acúmulo da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ

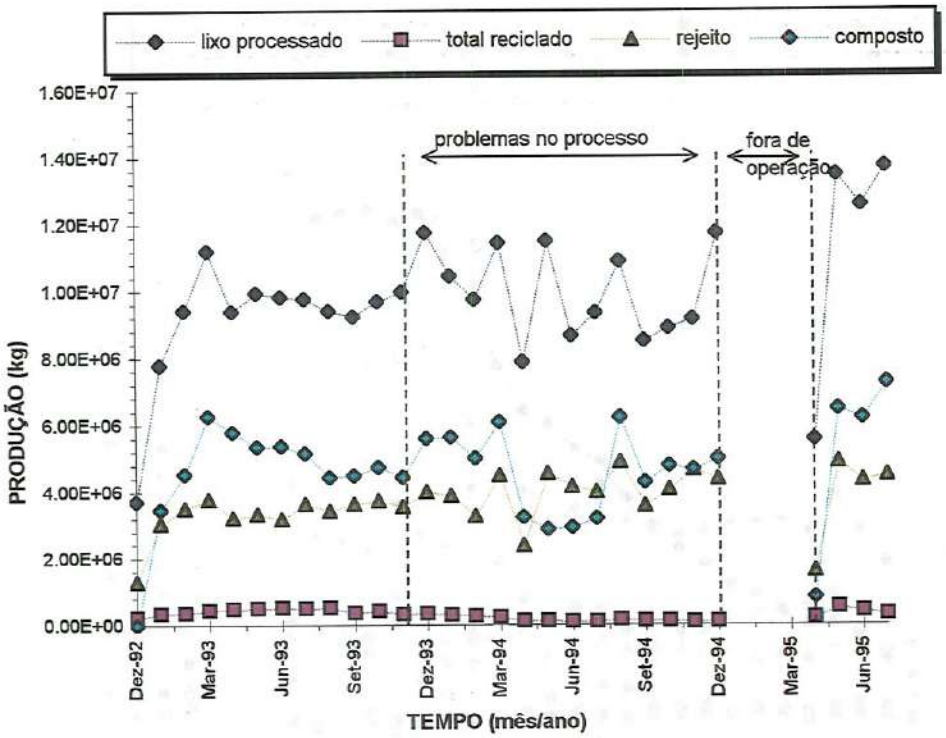


FIGURA D2 - Gráfico da produção dos totais da produção da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ.

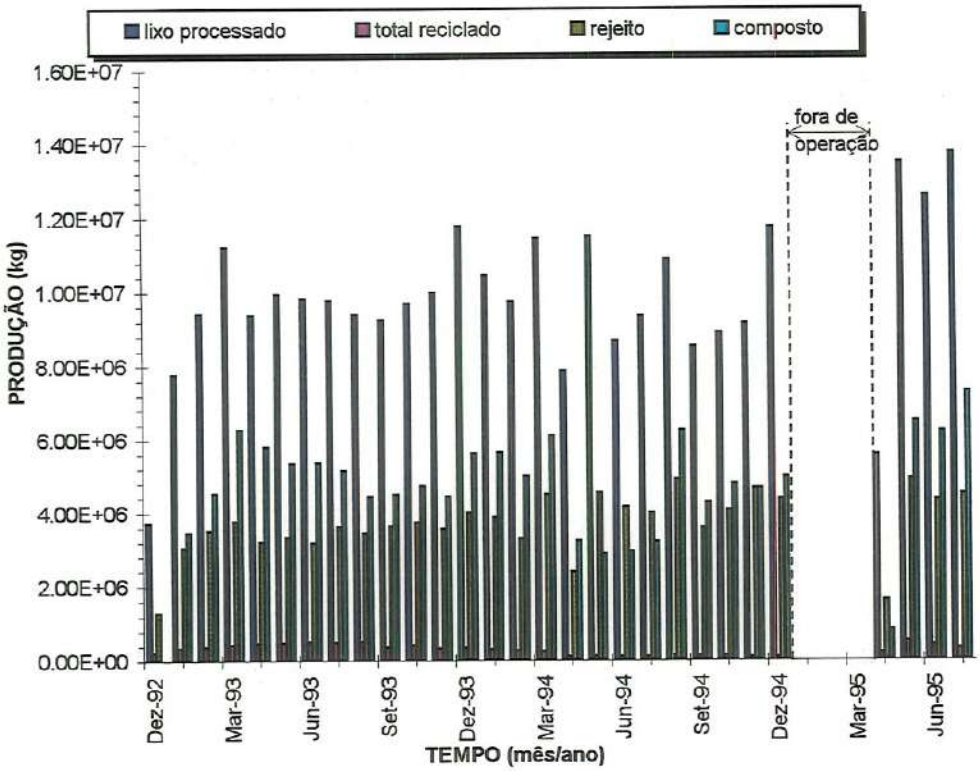


FIGURA D3 - Gráfico da produção dos totais da produção da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ.

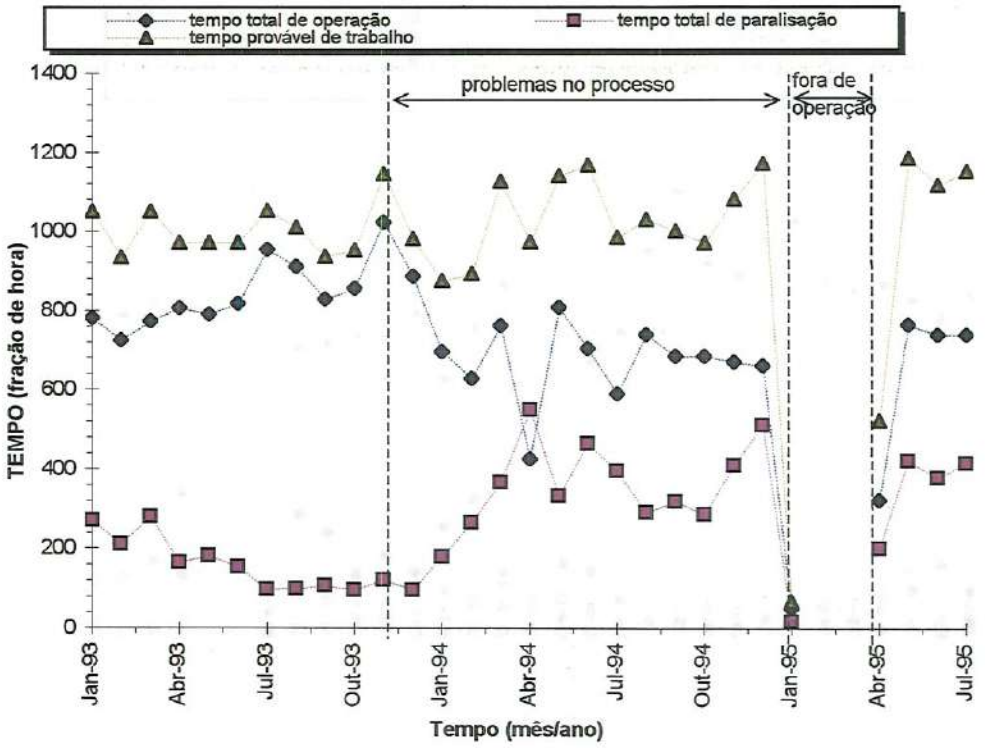


FIGURA D4 - Gráfico dos totais mensais dos tempos de funcionamento, de parada e de horas previstas da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ

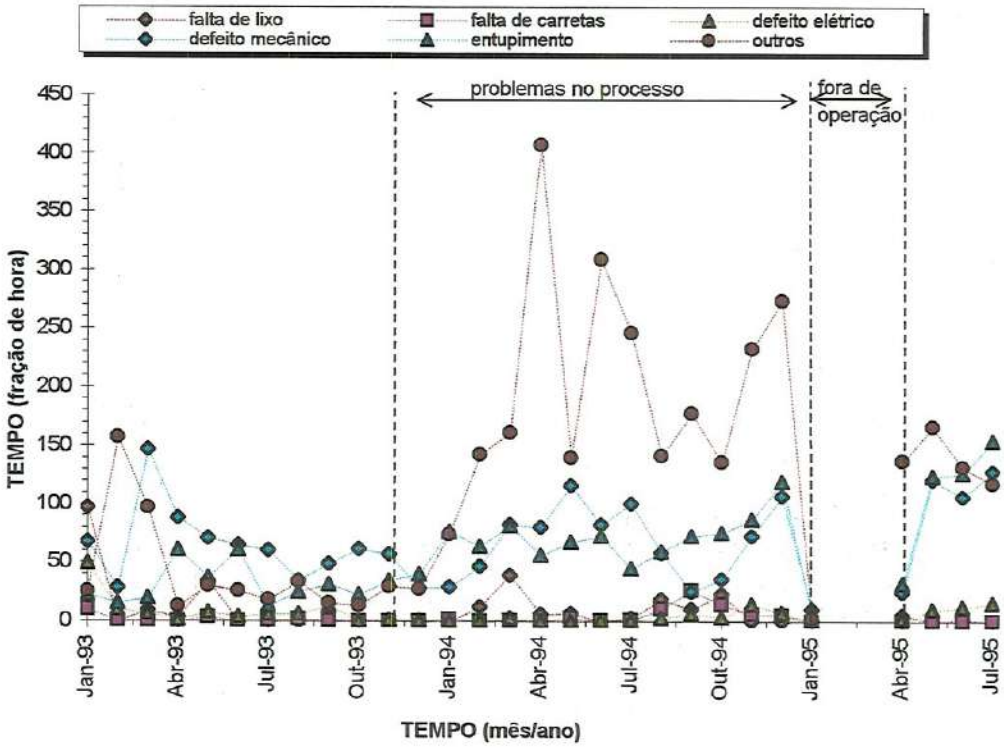


FIGURA D5 - Gráfico dos totais mensais dos tempos de paralisação segundo as causas, da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ

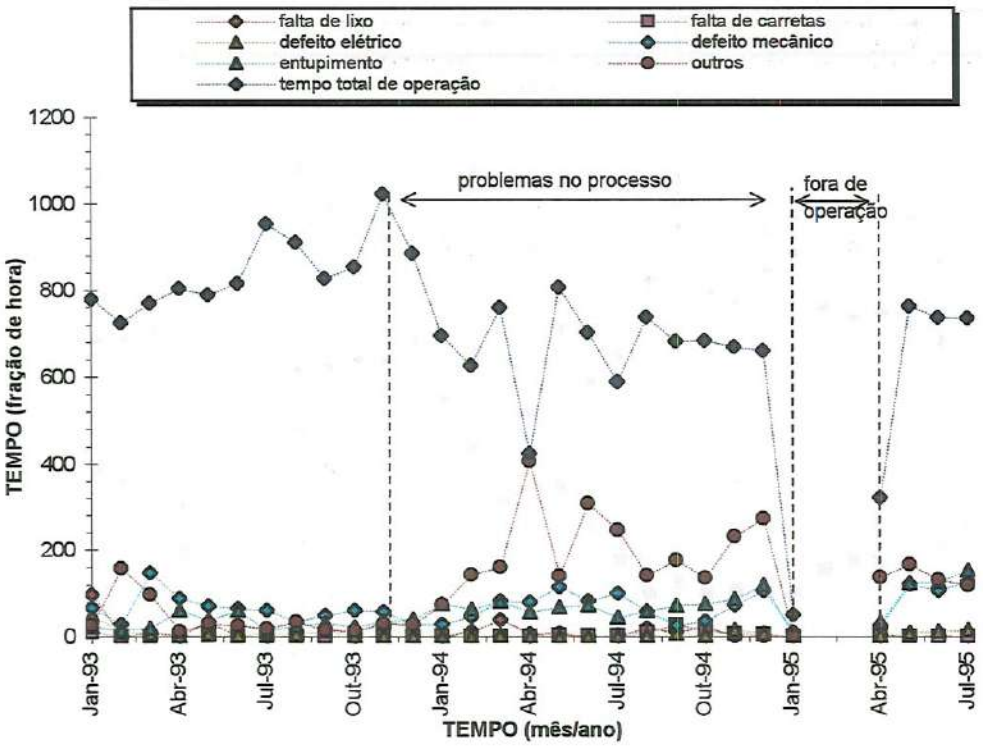


FIGURA D6 - Gráfico dos totais mensais dos tempos de paralisação, segundo as causas, e do tempo total de funcionamento, da usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ.

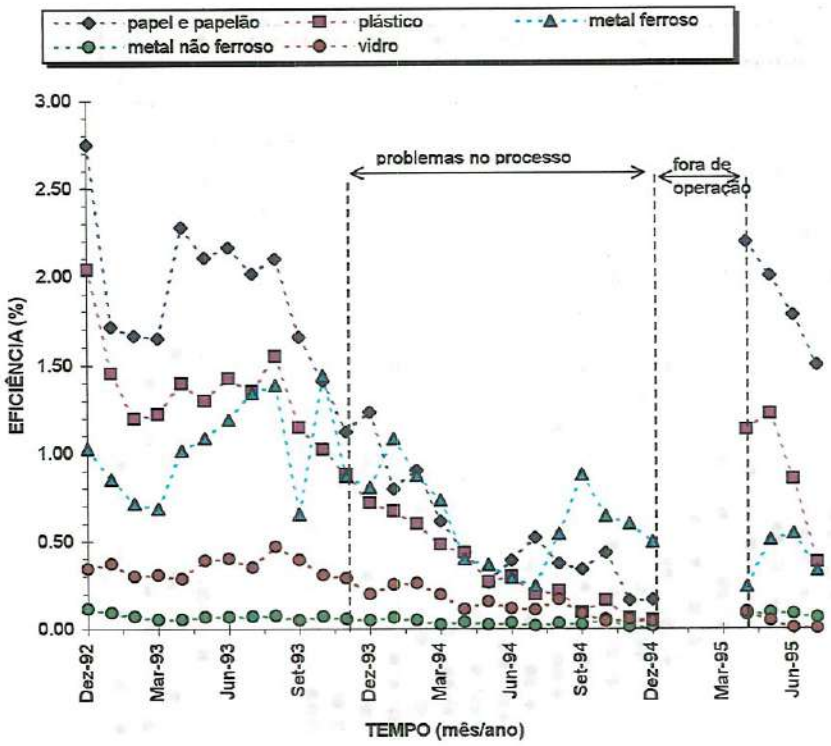


FIGURA D7 - Gráfico das eficiências dos recicláveis em relação ao lixo processado na usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ.

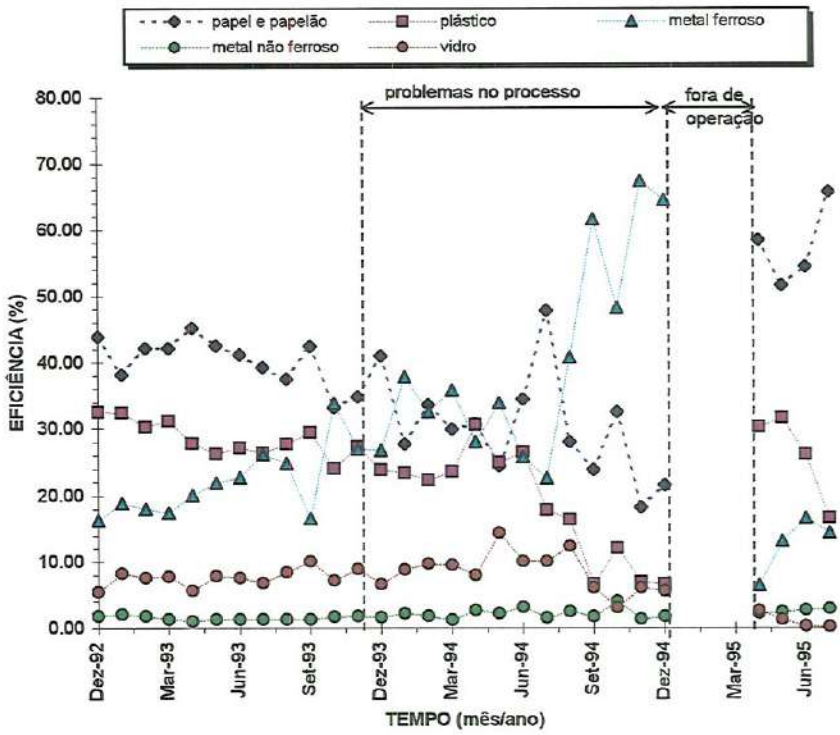


FIGURA D8 - Eficiência dos recicláveis em relação ao total reciclado na usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá - RJ.

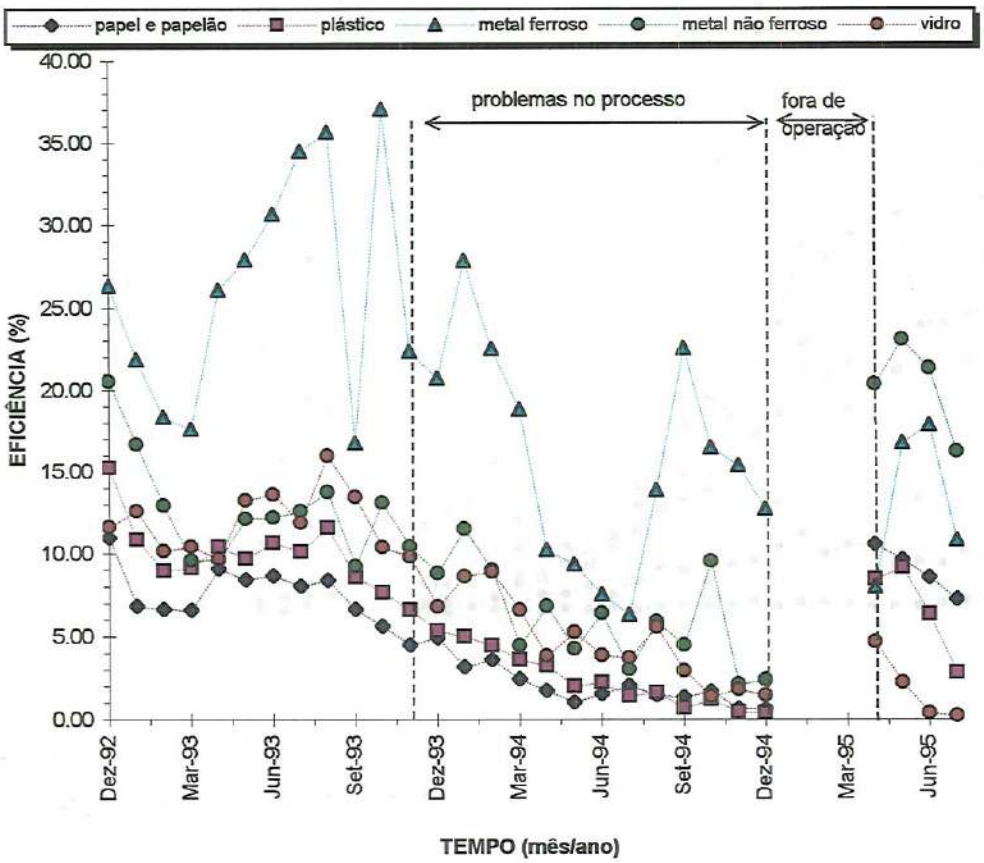


FIGURA D9 - Gráfico das eficiências dos recicláveis em relação à quantidade de recicláveis existentes no lixo processado (caracterização) na usina de reciclagem e compostagem de Jacarepaguá-RJ.

ANEXO E

TABELAS E GRÁFICOS DECORRENTES DAS ANÁLISES DOS DADOS DE PRODUÇÃO DA USINA DE RECICLAGEM E COMPOSTAGEM DE SÃO MATHEUS - SP

TABELA E1 - Quantidade de recicláveis existentes no lixo processado, calculado a partir da caracterização física do lixo domiciliar da região de coleta da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP[1].

Período	Resíduos (kg)									
Mês /Ano	Papel e papelão	Plástico duro	Plástico filme	Metal ferroso	Vidro	Alumínio	Rejeito	Composto	Lixo processado	Total reciclado
Dez/92	662.451,07	258.366,25	897.047,62	267.667,44	178.789,45	38.238,21	635.580,98	7.397.542,47	10.334.650,00	286.570,00
Jan/93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fev/93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mar/93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Abr/93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mai/93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Jun/93	765.664,89	298.621,25	1.036.812,98	309.371,62	206.645,91	44.195,95	734.608,28	8.550.123,63	11.944.850,00	448.090,00
Jul/93	683.650,22	266.634,25	925.754,12	276.233,08	184.510,90	39.461,87	655.920,26	7.634.271,85	10.665.370,00	459.280,00
Ago/93	724.581,91	282.598,25	981.181,12	292.771,79	195.557,99	41.824,54	695.191,70	8.091.353,09	11.303.930,00	448.760,00
Set/93	731.008,58	285.104,75	989.883,69	295.368,52	197.292,49	42.195,50	701.357,69	8.163.119,20	11.404.190,00	485.420,00
Out/93	746.477,19	291.137,75	1.010.830,27	301.618,71	201.467,32	43.088,39	716.198,87	8.335.856,06	11.645.510,00	413.620,00
Nov/93	982.486,34	383.185,00	1.330.418,32	396.979,66	265.164,02	56.711,38	942.635,10	10.971.352,92	15.327.400,00	419.450,00
Dez/93	856.301,64	333.971,00	1.159.547,31	345.993,96	231.107,93	49.427,71	821.568,66	9.562.257,67	13.358.840,00	330.040,00
Jan/94	764.539,93	298.182,50	1.035.289,64	308.917,07	206.342,29	44.131,01	733.528,95	8.537.561,34	11.927.300,00	478.570,00
Fev/94	815.670,58	318.124,25	1.104.527,40	329.576,72	220.141,98	47.082,39	782.585,66	9.108.533,53	12.724.970,00	435.660,00
Mar/94	860.644,42	335.664,75	1.165.428,01	347.748,68	232.280,01	49.678,38	825.735,29	9.610.753,12	13.426.590,00	456.710,00
Abr/94	699.827,78	272.943,75	947.660,70	282.769,73	188.877,08	40.395,68	671.441,63	7.814.925,45	10.917.750,00	396.320,00
Mai/94	701.463,61	273.581,75	949.875,84	283.430,69	189.318,57	40.490,10	673.011,11	7.833.192,67	10.943.270,00	381.010,00
Jun/94	750.134,10	292.564,00	1.015.782,21	303.096,30	202.454,29	43.299,47	719.707,44	8.376.692,45	11.702.560,00	359.980,00
Jul/94	651.982,00	254.283,15	882.871,10	263.437,34	175.963,94	37.633,91	625.536,55	7.280.635,15	10.171.326,00	292.770,00
Ago/94	977.205,59	381.125,43	1.323.267,48	394.845,94	263.738,79	56.406,56	937.568,55	10.912.383,17	15.245.017,00	387.070,00
Set/94	777.543,26	303.254,00	1.052.897,89	314.171,14	209.851,77	44.881,59	746.004,84	8.682.768,53	12.130.160,00	374.860,00
Out/94	471.587,35	183.926,43	638.592,55	190.547,78	127.277,09	27.221,11	452.459,01	5.266.181,40	7.357.057,00	311.810,00
Nov/94	583.740,75	227.668,00	790.463,30	235.864,05	157.546,26	33.694,86	560.063,28	6.518.590,18	9.106.720,00	375.270,00
Dez/94	788.533,39	307.540,33	1.067.780,01	318.611,78	212.817,90	45.515,97	756.549,20	8.805.494,59	12.301.613,00	463.620,00

TABELA E1 - Quantidade de recicláveis existentes no lixo processado, calculado a partir da caracterização física do lixo domiciliar da região de coleta da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP[1] (continuação).

Período	Resíduos (kg)									
Mês /Ano	Papel e papelão	Plástico duro	Plástico filme	Metal ferroso	Vidro	Alumínio	Rejeito	Composto	Lixo processado	Total reciclado
Jan/95	494.580,86	192.894,25	669.728,84	199.838,44	133.482,82	28.548,35	474.519,86	5.522.948,17	7.715.770,00	355.640,00
Fev/95	542.004,99	211.390,40	733.947,47	219.000,45	146.282,16	31.285,78	520.020,38	6.052.529,93	8.455.616,00	348.230,00
Mar/95	639.832,74	249.544,75	866.419,37	258.528,36	172.684,97	36.932,62	613.880,09	7.144.965,28	9.981.790,00	469.460,00
Abr/95	655.901,97	255.812,00	888.179,26	265.021,23	177.021,90	37.860,18	629.297,52	7.324.409,18	10.232.480,00	427.420,00
Mai/95	771.647,98	300.954,75	1.044.914,89	311.789,12	208.260,69	44.541,30	740.348,69	8.616.936,40	12.038.190,00	438.660,00
Jun/95	804.994,72	313.960,50	1.090.070,86	325.263,08	217.260,67	46.466,15	772.342,83	8.989.317,04	12.558.420,00	540.470,00
Total	**18.904.457,83**	**7.373.033,48**	**25.599.172,23**	**7.638.462,68**	**5.102.139,16**	**1.091.208,95**	**18.137.662,35**	**211.104.694,46**	**294.921.339,00**	**10.584.760,00**

Obs.: [1] no período de janeiro de 1993 a maio de 1993 os dados de produção não foram fornecidos; os cálculos foram feitos segundo a equação: reciclável existente = % caracterização * lixo processado, e a caracterização está apresentada no item 5.2.1.; os dados nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril e maio de 1993 não foram fornecidos;

TABELA E2 - Eficiência de remoção de reciclável em relação ao lixo processado da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP.

Período	Resíduos (%)							
Mês/Ano	Papelão	Plástico duro	Plástico filme	Metal ferroso	Vidro	Alumínio	Rejeito	Composto
Dez/92	0,29	0,68	0,00	1,55	0,23	0,03	46,59	52,71
Jan/93(2)	-	-	-	-	-	-	-	-
Fev/93(2)	-	-	-	-	-	-	-	-
Mar/93(2)	-	-	-	-	-	-	-	-
Abr/93(2)	-	-	-	-	-	-	-	-
Mai/93(2)	-	-	-	-	-	-	-	-
Jun/93	0,66	0,87	0,04	1,93	0,21	0,05	48,75	54,50
Jul/93	0,62	0,85	0,04	2,45	0,30	0,04	53,78	54,12
Ago/93	0,64	0,58	0,03	2,46	0,24	0,03	45,32	41,77
Set/93	0,66	0,75	0,03	2,51	0,26	0,04	49,45	54,39
Out/93	0,56	0,76	0,05	1,91	0,23	0,04	49,07	53,00
Nov/93	0,29	0,26	0,03	1,86	0,24	0,06	53,87	51,85
Dez/93	0,05	0,02	0,00	2,13	0,24	0,03	50,16	54,57
Jan/94	0,46	0,77	0,00	2,35	0,40	0,03	47,01	51,45
Fev/94	0,34	0,68	0,01	2,02	0,25	0,12	49,96	52,94
Mar/94	0,13	0,68	0,00	2,22	0,30	0,06	51,68	54,44
Abr/94	0,30	0,80	0,00	2,22	0,26	0,05	50,77	53,00
Mai/94	0,32	0,57	0,02	2,20	0,29	0,08	44,77	50,97
Jun/94	0,56	0,52	0,00	1,73	0,23	0,04	51,52	54,90
Jul/94	0,50	0,42	0,00	1,72	0,19	0,04	49,03	53,00
Ago/94	0,55	0,39	0,00	1,34	0,22	0,05	39,34	35,69
Set/94	0,69	0,47	0,00	1,47	0,40	0,07	46,71	42,81
Out/94	0,71	0,64	0,00	2,71	0,12	0,06	51,94	48,55
Nov/94	0,56	0,61	0,00	2,90	0,04	0,01	42,66	45,79
Dez/94	0,64	0,66	0,00	2,34	0,11	0,02	45,55	45,93
Jan/95	0,48	0,59	0,00	3,13	0,37	0,05	45,41	44,31
Fev/95	0,58	0,56	0,00	2,88	0,04	0,05	42,16	45,13
Mar/95	0,72	0,49	0,00	3,12	0,35	0,03	45,13	45,01
Abr/95	0,67	0,56	0,00	2,55	0,38	0,02	46,44	57,85
Mai/95	0,56	0,30	0,00	2,72	0,05	0,02	44,13	49,41
Jun/95	0,83	0,37	0,00	2,91	0,18	0,01	44,99	51,21
Total	**13,36**	**14,85**	**0,26**	**59,33**	**6,11**	**1,12**	**1236,19**	**1299,29**

(1)os cálculos foram feitos baseados nas tabelas 41 e 43, item 5.2.2, segundo a equação: Eficiência em relação ao lixo processado =(produção de reciclável / lixo processado)*100; (2) os dados nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril e maio de 1993 não foram fornecidos;

TABELA E3 - Eficiência de remoção de reciclável em relação ao total de reciclável produzido na usina de reciclagem e compostagem de São Matheus-SP[1].

Período Mês/Ano	Resíduos (%)							
	Papelão	Plástico duro	Plástico filme	Metal ferroso	Vidro	Alumínio	Rejeito	Composto
Dez/92	10,43	24,35	0,00	56,07	8,23	0,92	1680,26	1901,07
Jan/93[2]	-	-	-	-	-	-	-	-
Fev/93[2]	-	-	-	-	-	-	-	-
Mar/93[2]	-	-	-	-	-	-	-	-
Abr/93[2]	-	-	-	-	-	-	-	-
Mai/93[2]	-	-	-	-	-	-	-	-
Jun/93	17,53	23,20	1,12	51,35	5,51	1,28	1299,42	1452,88
Jul/93	14,49	19,84	0,90	56,89	6,88	1,00	1248,85	1256,87
Ago/93	16,04	14,59	0,76	61,89	5,95	0,78	1141,64	1052,12
Set/93	15,61	17,56	0,69	58,97	6,17	1,00	1161,65	1277,91
Out/93	15,88	21,34	1,45	53,71	6,58	1,03	1381,45	1492,22
Nov/93	10,54	9,56	1,26	67,96	8,66	2,01	1968,40	1894,55
Dez/93	2,03	0,78	0,00	86,13	9,71	1,35	2030,20	2208,81
Jan/94	11,47	19,20	0,00	58,65	9,94	0,74	1171,53	1282,20
Fev/94	9,95	19,95	0,19	59,11	7,41	3,39	1459,32	1546,22
Mar/94	3,80	20,09	0,00	65,34	8,91	1,86	1519,44	1600,43
Abr/94	8,17	22,17	0,00	61,12	7,20	1,34	1398,69	1460,03
Mai/94	9,28	16,30	0,54	63,10	8,34	2,44	1285,97	1464,07
Jun/94	18,10	16,98	0,00	56,32	7,38	1,23	1674,99	1784,72
Jul/94	17,25	14,65	0,13	59,84	6,68	1,44	1703,22	1841,31
Ago/94	21,75	15,23	0,00	52,61	8,51	1,90	1549,24	1405,75
Set/94	22,21	15,19	0,00	47,59	12,85	2,15	1511,61	1385,30
Out/94	16,66	15,20	0,00	63,98	2,76	1,39	1225,43	1145,43
Nov/94	13,57	14,85	0,00	70,42	0,88	0,29	1035,13	1111,15
Dez/94	17,06	17,52	0,00	61,98	2,81	0,63	1208,75	1218,63
Jan/95	10,34	12,72	0,00	67,86	8,07	1,01	985,22	961,26
Fev/95	14,19	13,67	0,00	69,95	1,09	1,11	1023,76	1095,89
Mar/95	15,20	10,40	0,00	66,42	7,41	0,56	959,62	957,07
Abr/95	15,98	13,31	0,00	61,05	9,15	0,50	1111,86	1384,85
Mai/95	15,39	8,11	0,00	74,53	1,32	0,65	1211,09	1355,86
Jun/95	19,36	8,64	0,00	67,64	4,08	0,28	1045,30	1189,87

[1] os cálculos foram feitos baseados nas tabelas 41 e 43, item 5.2.2, segundo a equação: Eficiência percentual em peso dos recicláveis =(produção do reciclável / total de reciclado)*100; [2]os dados nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril e maio de 1993 não foram fornecidos;

TABELA E4 - Eficiência de remoção de reciclável em relação ao total de reciclável existente no lixo processado (caracterização) na usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP[1].

Período	Resíduos (%)							
Mês /Ano	Papelão	Plástico duro	Plástico filme	Metal ferroso	Vidro	Alumínio	Rejeito	Composto
Dez/92	4,51	27,00	0,00	60,03	13,19	6,88	757,59	73,64
Jan/93[2]	-	-	-	-	-	-	-	-
Fev/93[2]	-	-	-	-	-	-	-	-
Mar/93[2]	-	-	-	-	-	-	-	-
Abr/93[2]	-	-	-	-	-	-	-	-
Mai/93[2]	-	-	-	-	-	-	-	-
Jun/93	10,26	34,81	0,49	74,38	11,96	13,01	792,61	76,14
Jul/93	9,74	34,18	0,45	94,58	17,12	11,66	874,46	75,61
Ago/93	9,93	23,17	0,35	94,86	13,64	8,37	736,95	58,35
Set/93	10,36	29,89	0,34	96,92	15,19	11,49	804,00	75,99
Out/93	8,80	30,32	0,59	73,66	13,51	9,93	797,82	74,04
Nov/93	4,50	10,47	0,40	71,81	13,70	14,90	875,89	72,43
Dez/93	0,78	0,77	0,00	82,16	13,87	9,02	815,57	76,24
Jan/94	7,18	30,82	0,00	90,87	23,04	8,02	764,33	71,87
Fev/94	5,31	27,32	0,07	78,14	14,67	31,35	812,40	73,96
Mar/94	2,02	27,34	0,00	85,82	17,51	17,09	840,39	76,05
Abr/94	4,62	32,19	0,00	85,67	15,12	13,14	825,58	74,04
Mai/94	5,04	22,70	0,22	84,82	16,78	22,97	728,02	71,21
Jun/94	8,68	20,89	0,00	66,89	13,13	10,21	837,79	76,70
Jul/94	7,75	16,87	0,04	66,50	11,12	11,24	797,16	74,04
Ago/94	8,62	15,46	0,00	51,58	12,49	13,03	639,60	49,86
Set/94	10,71	18,78	0,00	56,78	22,96	17,98	759,57	59,81
Out/94	11,02	25,78	0,00	104,70	6,76	15,94	844,50	67,82
Nov/94	8,72	24,47	0,00	112,03	2,10	3,18	693,59	63,97
Dez/94	10,03	26,41	0,00	90,19	6,12	6,44	740,73	64,16
Jan/95	7,44	23,45	0,00	120,76	21,49	12,61	738,40	61,90
Fev/95	9,11	22,52	0,00	111,22	2,58	12,40	685,56	63,05
Mar/95	11,16	19,56	0,00	120,61	20,16	7,18	733,86	62,88
Abr/95	10,42	22,24	0,00	98,46	22,10	5,65	755,18	80,81
Mai/95	8,75	11,82	0,00	104,86	2,77	6,42	717,58	69,02
Jun/95	13,00	14,87	0,00	112,39	10,16	3,25	731,48	71,54

[1] os cálculos foram feitos baseados nas tabelas 41 e E1, itens 5.2.2 e anexo E, segundo a equação: Eficiência em relação da quantidade de reciclável existente = (reciclado produzido / qtde de reciclável existente)*100; [2]os dados nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril e maio de 1993 não foram fornecidos;

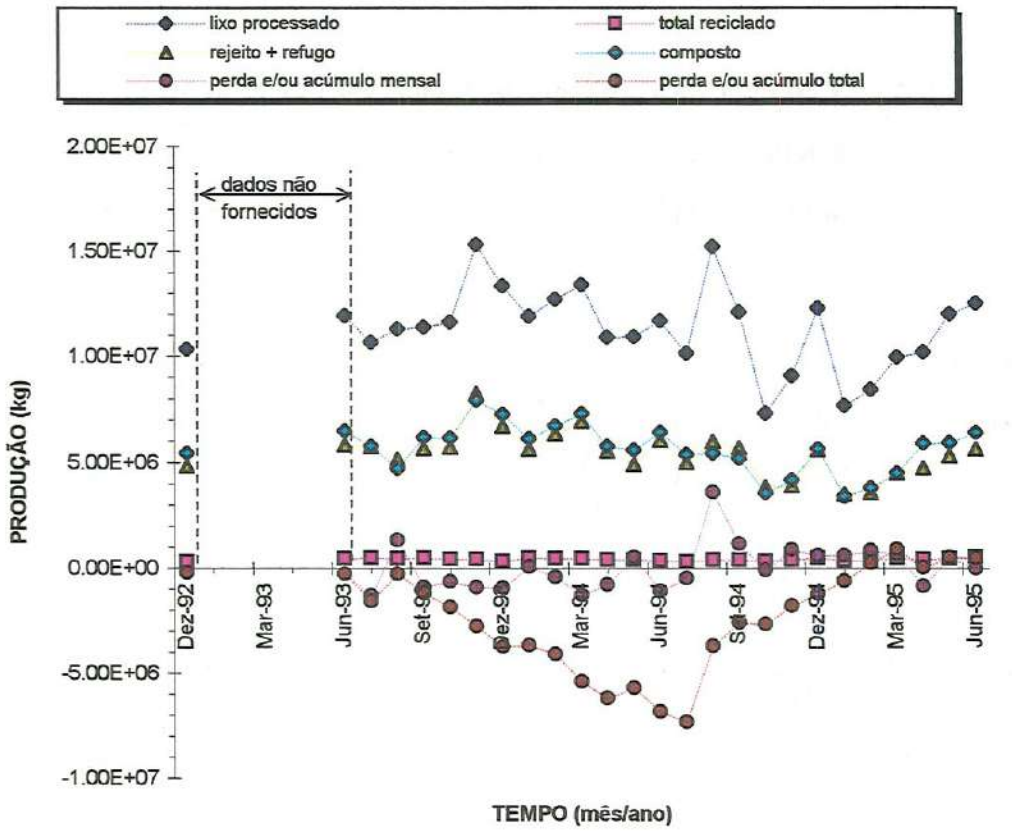


FIGURA E1 - Gráfico dos totais da produção e das curvas de perda e/ou acúmulo da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP.

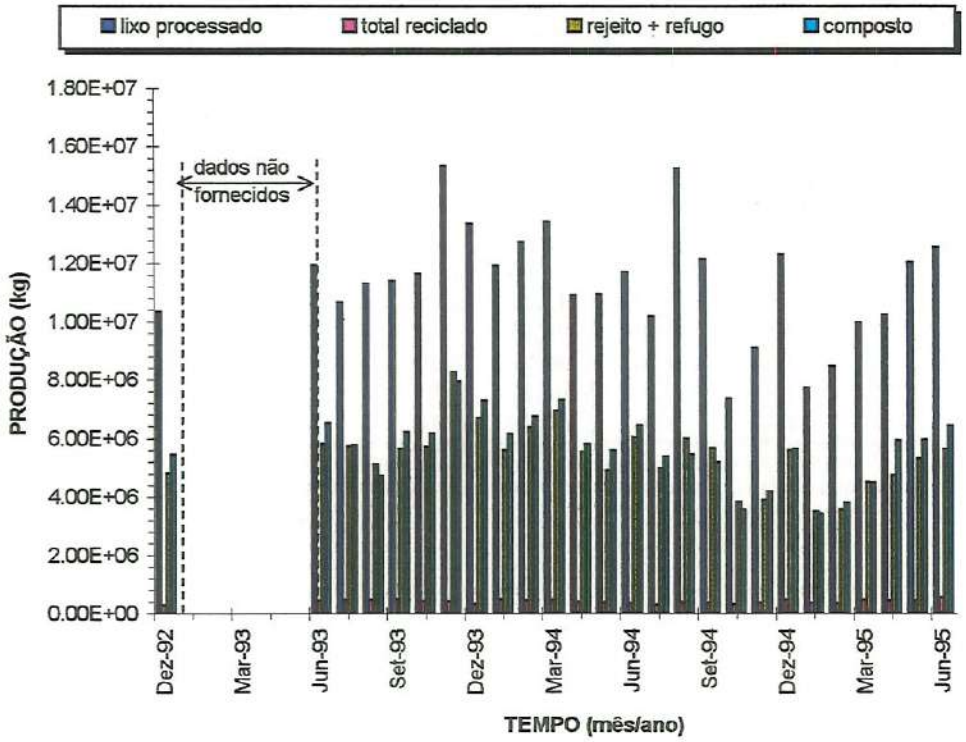


FIGURA E2 - Gráfico da produção dos totais da produção da usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP.

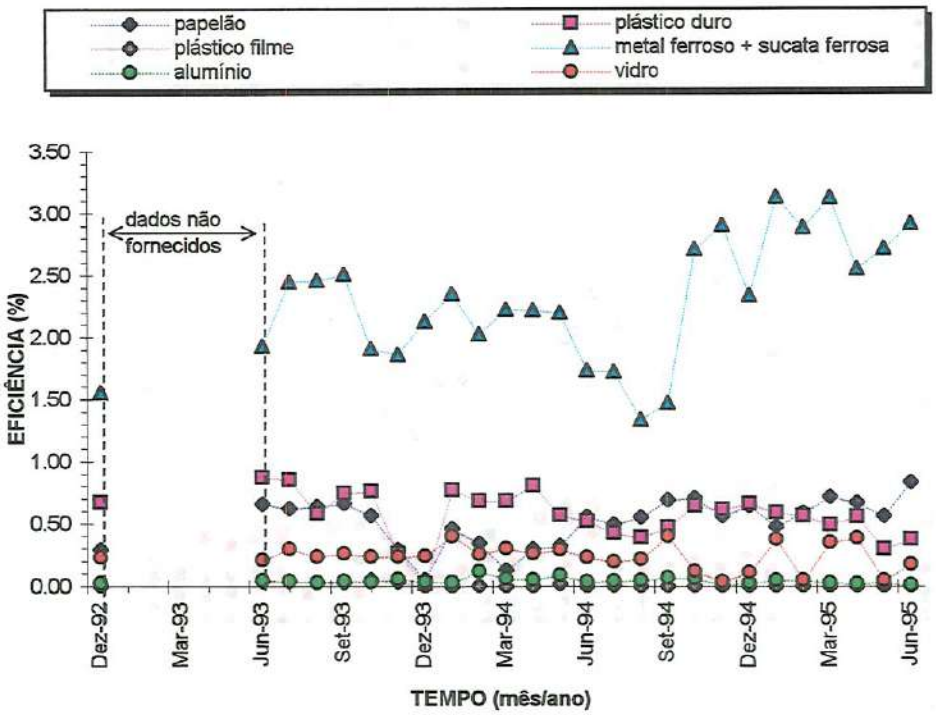


FIGURA E3 - Gráfico das eficiências dos recicláveis em relação ao lixo processado na usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP.

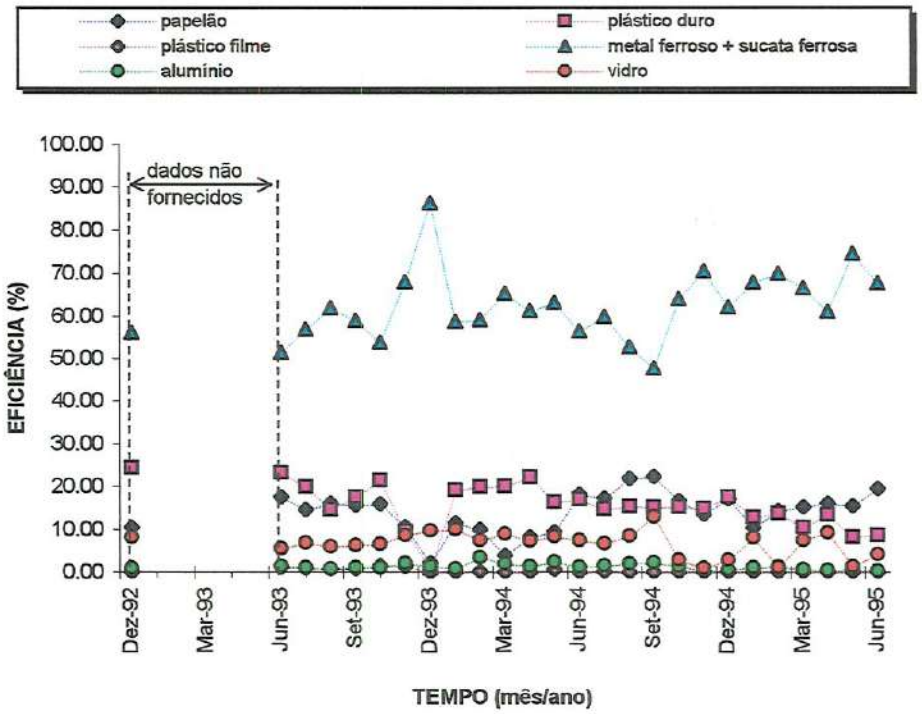


FIGURA E4 - Eficiência dos recicláveis em relação ao total reciclado na usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP.

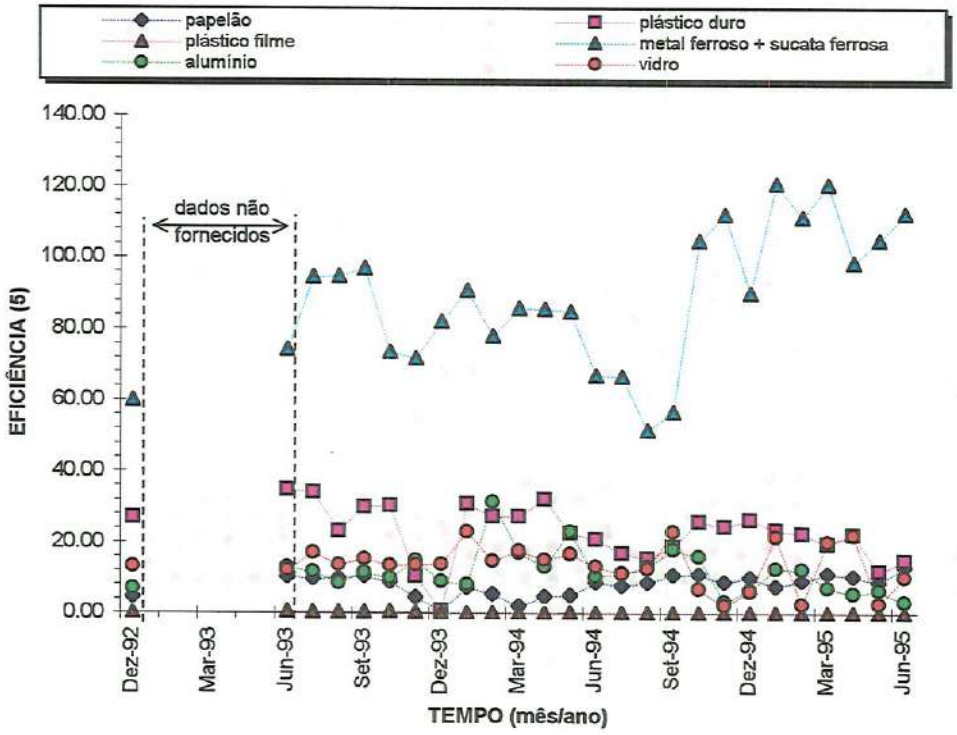


FIGURA E5 - Gráfico das eficiências dos recicláveis em relação a quantidade de recicláveis existentes no lixo processado (caracterização) na usina de reciclagem e compostagem de São Matheus - SP.

ANEXO F

VALORES MÉDIOS DE PRODUÇÃO DE USINAS DE RECICLAGEM E COMPOSTAGEM DE GRANDE E PEQUENO PORTE (GALVÃO Jr. (1994))

A) USINAS DE GRANDE PORTE

i) Produção em percentual de materiais recicláveis, composto e rejeitos

Materiais recicláveis: 1,21% a 6,20%
Composto: 29,41% a 53,79%
Rejeitos: 44,27% a 64,39%

ii) Percentuais de produção de materiais recicláveis

Metais ferrosos: acima de 30,0%
Plástico: acima de 30,0%
Papel e papelão: 20,0 a 30%
Vidro: 5,0 a 15,0%
Metais nobres: 0,4 a 0,8%

B) USINAS DE PEQUENO E MÉDIO PORTE

i) Produção percentual de materiais recicláveis, composto e rejeitos

Pape e papelão: acima de 40,0%
Metais ferrosos: 21,0 a 30,0%
Plástico: 21,0 a 30,0%
Vidro: 11,0 a 20,0%
Metais nobres: 0,1 a 1,2%

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AISSE, M. . M. Tratamento de resíduos sólidos no Brasil. /Apresentado ao Seminário Internacional de Engenharia em Resíduos Sólidos, Campinas, 1991/

ALCAN: unidade de reciclagem de latas. *Revista Saneamento Ambiental*. São Paulo, n. 32, p. 8, abril/maio 1995.

ANDRADE, J. B. L. *Determinação da composição gravimétrica, peso específico e teor de umidade dos resíduos sólidos produzidos na cidade de Manaus*. Manaus, Prefeitura de Manaus, 1992.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO ESPÍRITO SANTO, 1980-1989: informações Municipais do Espírito Santo; Governo do Estado do Espírito Santo, Secretaria de Estado de Ações Estratégicas e Planejamento. Ed. - Departamento Estadual de Estatística, 1992.

A REVOLUÇÃO do PET: seminário promovido pelo Cempre e IPT debate os novos rumos da reciclagem do plástico. *Publicação Cempre Informa*, São Paulo, n. 21, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT (1987). NBR 10004: *Resíduos sólidos*: classificação.

ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS AUTOMÁTICAS DE VIDRO - ABIVIDRO. *Manual de reciclagem de vidro*. São Paulo, Bloco de Comunicação, 1994.

BERENYI, E. Trends in equipment and processing: an explosive growth in MRFs has taken place in the last five years, with facilities adapting to chaging recycling programs. *Biocycle - Journal of Composting & Recycling*. vol. 36, n. 8, p. 58-59, 1995.

BLEY Jr. , C. Usinas de lixo no Brasil: gerenciamento atual e perspectivas. /Apresentado ao 1° Seminário Internacional de Gestão e Tecnologias de Tratamento de Resíduos, S. Paulo, 1991/

BRASIL. Constituição, 1988. *Constituições estaduais*: capítulo do meio ambiente. 4. ed. Rio de Janeiro, Petrobrás, Serviço de Comunicação Social, p. 88, 1992.

CASTRO, M. C. A. A. *Avaliação da eficiência das operações unitárias de uma usina de reciclagem e compostagem na recuperação dos materiais recicláveis e na transformação da matéria orgânica em composto*. São Carlos, 1996. 113p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

CAVAGUTI, N. et. al. Usinas de lixo do interior do Estado de São Paulo: Análise crítica da realidade técnica-ambiental. /Apresentado ao XVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Salvador, 1995/

COELHO, E. J. *Sistema de aproveitamento de lixo urbano: uma avaliação sócio-econômica*. Viçosa, 1994. 108p. Dissertação (Mestrado) - Curso de Economia Rural, Universidade Federal de Viçosa. TESE 836

COLETA SELETIVA: SP reavalia programa de reciclagem. *Revista Saneamento Ambiental*. São Paulo, n. 33, p. 5, junho/julho, 1995.

COMPANHIA MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA, FDT, FTT. Rio de Janeiro, 1991. *Acidentes de trabalho*. (Relatório mensal COMLURB, FDT, FTT)

COMPANHIA MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA, ISP, IDF. Rio de Janeiro, 1993. *Análise qualitativa e quantitativa do lixo da cidade do Rio de Janeiro*

(Relatório técnico COMLURB,Gerência de Pesquisa Aplicada, Divisão de Análise Físico Química)

COMPANHIA MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA, Rio de Janeiro, 1991. *Análise qualitativa e quantitativa do lixo da cidade do Rio de Janeiro.* (Relatório técnico COMLURB, Centro de Pesquisas Aplicadas, Serviço de Estudos e Pesquisas)

COMPANHIA MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA, ISP, IDF. Rio de Janeiro, 1987. *Análise qualitativa e quantitativa do lixo da cidade do Rio de Janeiro* (Informação técnica n. 01/87, COMLURB, Centro de Pesquisas Aplicadas)

COMPANHIA MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA - COMLURB. *Estudo de impacto ambiental - EIA: Usina de reciclagem com compostagem no caju.* Rio de Janeiro, 1990. (Estudo de Impacto Ambiental)

COMPANHIA MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA - COMLURB. Rio de Janeiro, s. d. , *Especificação do sistema simplificado de reciclagem e trituração do lixo domiciliar urbano de Jacarepaguá.* (Relatório técnico COMLURB)

COMPANHIA MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA - COMLURB. Rio de Janeiro, s. d. , *Especificações do sistema de peneiramento e refino de lixo triturado de Jacarepaguá.* (Relatório técnico COMLURB)

COMPANHIA MUNICIPAL DE LIMPEZA URBANA - COMLURB. Rio de Janeiro, s. d. , *Especificações do sistema simpificado de reciclagem e trituração do lixo domiciliar urbano de Jacarepaguá.* (Relatório técnico COMLURB)

COULSON, J. M. ; RICHARDSON, J. F. *Chemical engineering.* Nova York, McGraw-Hill Book Co. , 1955. 2v.

COUTO, C. A. O. ; MELO, R. M. S. EPI - Equipamentos de Proteção Individual. EPC - Equipamentos de Proteção Coletiva. /Apresentado ao Seminário sobre Prevenção de Acidente do Trabalho, Doenças Profissionais, Cólera e Aids, Rio de Janeiro, 1991/

CRUZ, L. L. M. *Contribuições relacionadas com a forma de atuação de uma agência de desenvolvimento regional no campo dos resíduos sólidos e da limpeza pública.* São Paulo, 1978. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo.

EDUCAÇÃO AMBIENTAL E RECICLAGEM. Senac e Educação Ambiental. Rio de Janeiro, n. 1, p. 14-17, agosto, 1992.

EIGENHEER, E. Lixo: morte e ressurreição. *Revista Biϕ*, n. 2, p. 51, 1991.

FERRARO JR. , D. Reciclagem transforma problema em solução. *Plástico Moderno*. vol. 20, n. 208, p. 20-23, 1990.

FERREIRA, A. B. H. *Dicionário Aurélio Básico da Língua Portuguesa*. Rio de Janeiro. Editora Nova Fronteira S/A, 1994.

FERREIRA, J. A. *Lixo hospitalar: uma avaliação do modelo gerencial brasileiro*. Rio de Janeiro, 1997. 199p. Tese (Doutorado) - Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz.

FINANÇAS: lixo reciclável é negociado na bolsa de Chicago. *Revista Saneamento Ambiental*, n. 37, São Paulo, 1996.

FIOCRUZ: programa de reciclagem usa favelados. *Revista Saneamento Ambiental*. São Paulo, n. 32, p. 10, abril/maio 1995.

FOUST, A. S. et al. *Principles of unit operations*. 3. ed. Nova York, Johnwiley & sons, 1964.

FUNDACENTRO. Curso de engenharia do trabalho. v. 1, São Paulo, FUNDACENTRO, 1981.

GALVÃO JR. , A. C. *Aspectos operacionais relacionados com usinas de reciclagem e compostagem de resíduos sólidos domiciliares no Brasil*. São Carlos, 1994. 113p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

GOLDSTEIN, N. ; RIGGLE, D. , STEUTEVILLE, R. Biosolids composting strengthens its base: Around the country, new projects continue to come on line, while those in operation learn more about what it takes to run a successful facility. *Biocycle - Journal of Composting & Recycling*. vol. 35, n. 12, p. 48-57, 1994.

GOMES, L. P. ; POVINELLI, J. Cracterização física dos resíduos sólidos urbanos da cidade de São Carlos - SP. *Revista Estudos Tecnológicos*. v. 14, p. 91-106, 1991.

GOMIDE, R. *Operações unitárias*. São Paulo, Câmara Brasileira do Livro, 1980. 3v.

GOULD, M. ; MECKERT, W. Materials separation systems for solid waste composting: Operating experience provides data on the performance of processing systems to remove plastic, glass, metal and other nonbiodegradable materials from the MSW stream. *Biocycle - Journal of Composting & Recycling*. vol. 35, n. 9, p. 69-74, 1994.

GROSSI, M. G. L. *Avaliação da qualidade dos produtos obtidos de usinas de compostagem brasileiras de lixo doméstico através de determinação de metais pesados e substâncias orgânicas tóxicas*. São Paulo, 1993. 222p. Tese (Doutorado) - Instituto de Química; Universidade de São Paulo.

____. Composição característica do lixo da usina do Caju - RJ- COMLURB / Carioca C. N. Engenharia S. A. Centro de informações sobre resíduos sólidos . UFF / ISER. Niterói - RJ. 1993.

HAMADA, J. ; SILVA, C. L. ; OJIMA, M. K. . "Domestic" solid waste treatment integrated system-landfill+incinerator. /Apresentado ao First International Thermal Energy Congress - ITEC-93, Marrocos, 1993/

HORTON, T. ; KOSER, W. Investing in commercial recycling: A contract with General Motors enables a regional hauling firm to expand recycling of wood, cardboard, office paper and plastics. *Biocycle - Journal of Composting & Recycling*. vol. 36, n. 6, p. 38-39, 1995.

HOWELLS, P. B. Debagging systems review: Mechanical options for removing compostables and recyclables from plastic bags include slitters, rippers, grinders and shredders. *Biocycle - Journal of Composting & Recycling*. vol. 36, n. 4, p. 100-103, 1995.

JARDIM, N. S. , coord. *Lixo municipal:* manual de gerenciamento integrado. 1. ed. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1995.

KIEHL, J. E. Reciclar é preciso. *Publicação Cempre Informa*, São Paulo, n. 31, out. 1996.

KIEHL, E. J. ; PORTA, A. Métodos de amostragem de lixo e composto e interpretação dos resultados analíticos. *Limpeza Pública*, v. , p. 3-7, 1987.

____. Análises de lixo e composto: métodos de amostragem, preparo da amostra, análises, cálculos e interpretação dosresultados analíticos. /Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Departamento de Solos, Geologia e Fertilizantes. Piracicaba, 1980/

____. Biorrápido: um novo processo de preparar o composto orgânico. *Limpeza Pública*, n. 15, ago/julh, 1979.

LEITE, F. S. S. et al. Impacto na saúde dos catadores do lixão da Terra Dura e estudo gravimétrico. *Revista Biϕ*, n. 3, p. 48-51, 1990.

LEWIS, M. ; SELDMAN, N. Indiana communities use recycling for job training. *Biocycle - Journal of Composting & Recycling*. V. 36, n. 3 p. 34-35, 1995.

LIMA, D. A. *Livro do professor da CIPA:* subsídios para o desenvolvimento do curso de formação dos membros da CIPA. São Paulo, FUNDACENTRO, 1993.

LIMA, L. M. Q. *Tratamento de Lixo*. Hemus Editora Ltda, São Paulo, 1988.

LOBATO, S. A. C. *Sistemas de reciclagem e compostagem de lixo domiciliar urbano*. Rio de Janeiro, COMLURB, 1993. (Relatório Técnico)

LOURENÇO FILHO, R. C. B. *Contole estatístico de qualidade*. Rio de Janeiro, 1ed. , LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S. A. , 1985. 223p.

LOVE, G. Recycling Packaging materials: two approaches in Canada and Germanu provide lessons on "stewardship" program costs, market impact and recycling rate. *Biocycle - Journal of Composting & Recycling*. vol. 36, n. 6, p. 64-66, 1995.

MANDELLI, S. M. C. et al. *Coleta seletiva de resíduos sólidos domésticos de Caxias do Sul. Tratamento de resíduos sólidos - Compêndio de Publicações.* Universidade de Caxias do Sul, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Departamento de Engenharia Química, Grupo de Resíduos Sólidos, Editores: Suzana M. C. Mandelli, Luiz Mário Q. Lima, Mário K. Ojima. p. 111-122, Caxias do Sul. 1991.

MELO, R. M. S. ; SANTO, P. J. E. *Controle estatístico dos acidentes do trabalho verificados na usina de tratamento de lixo do Caju (IGC) no período de abril-setembro de 1992.* Rio de Janeiro, COMLURB, 1992. (Relatório Técnico COMLURB, FDT, FTT)

____. *Acidentes do trabalho na usina de reciclagem de Irajá-Usina Engº Luiz Eduardo Bahia.* Rio de Janeiro, COMLURB, 1991. (Relatório Técnico COMLURB, FDT, FTT)

MELO, R. M. S. *Informações obtidas no seminário sobre prevenção de acidentes do trabalho, doenças profissionais, cólera e AIDS.* Rio de Janeiro, COMLURB, 1991. (Relatório Técnico COMLURB, FDT, FTT)

MERCEDES, S. S. P; PEREIRA NETO, J. T. P. O efeito da temperatura na eliminação de patógenos durante a fase ativa da compostagem do lixo urbano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 17. Natal, 1993. *Anais*. Natal, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária, 1993. p. 150-166.

MONTEIRO, J. H. R. P. ; LEITE, L. E. H. B. C. Recuperação de materiais recicláveis existentes no lixo urbano. /Apresentado ao X Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Manaus, 1979/

MONTEIRO, J. H. P. ; MANSUR, G. L. Projeto de usina de reciclagem e compostagem para cidades de pequeno e médio porte. /Apresentado ao XIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Maceió, 1985/

____. Usinas de tratamento de lixo urbano com máxima recuperação energética para países em desenvolvimento. /Apresentado ao III Congresso Ibero - Americano de Resíduos Sólidos, Lisboa, 1988/

____. *Projeto de instalação de uma planta de reciclagem e compostagem de baixa capacidade para cidades de pequeno porte*. Rio de Janeiro, COMLURB, 1986 (Relatório Técnico, COMLURB)

____. Utilização energética do lixo industrializado na usina de reciclagem da COMLURB-RJ. /Apresentado ao XI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Fortaleza, 1981/

NELS, C. Waste minimization. /Apresentado ao 1° Seminário Internacional de Gestão e Tecnologias de Tratamento de Resíduos, São Paulo, 1991/

NÓBREGA, C. C; PEREIRA NETO, J. T. P. Estudo e avaliação entre pilhas de maturação estáticas e reviradas na compostagem do lixo urbano. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 17. Natal, 1993. *Anais*. Natal, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária, 1993. P. 262-269.

NOVOS RUMOS DO BNDES. *Publicação Cempre Informa*, n. 18, São Paulo, 1994.

NÚMEROS DO IBGE. *Revista Biϕ.* , ano V, N-1, jan/fev 1993, p. 4 a 7.

OJIMA, M. K.; HAMADA, J.. Alternativas para disposição de lixo doméstico como forma de prolongamento da via útil de aterros sanitários. /Apresentado ao IV Encontro Nacional de Ciências Térmicas; IV ENCIT 92. Rio de Janeiro, 1992/

PEREIRA, A. S. O. et al. Acidentes de trabalho em limpeza urbana. /Apresentado ao XVI Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, São Domingos, 1978/

PEREIRA, A. S. O. *Saúde-doença*. Rio de Janeiro, COMLURB, 1978 (Relatório Técnico, COMLURB)

PEREIRA NETO,J. T. P. Maturação de compostos orgânicos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 17. Natal, 1993. *Anais*. Natal, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária, 1993. P. 134-149.

____. Monitoramento da eliminação de organismos patogênicos durante a compostagem do lixo urbano e lodo de esgoto pelo sistema de pilhas estáticas aeradas. *Engenharia Sanitária*, v. 27, n. 2, abr/jun, p. 148-152, 1988.

PEREIRA NETO, J. T. P. et al. Resíduos urbanos domiciliares: um paradoxo da sociedade moderna. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 17. Natal, 1993. *Anais*. Natal, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária, 1993. p. 311-319.

PEREIRA NETO, J. T. P. ; STENTIFORD, E. I. Aspectos epidemiológicos na compostagem. *Revista Biφ*, ano I, n. 1, p. 1-5, out/dez, 1992. Encarte.

PERRY, R. H. ; CHILTON, C. H. *Manual de engenharia química*. 5. ed. Rio de Janeiro, Esitora Guanabara Dois S. A. , 1980.

PLÁSTICO reciclado vira tijolo, *Revista Saneamento Ambiental*. São Paulo, n. 32, p. 6, abril/maio 1995.

PLÁSTICOS: crescimento da indústria de reciclagem. *Revista Saneamento Ambiental*. São Paulo, n. 32, p. 10, abril/maio, 1995.

PNEUS: Bahia terá centro de reciclagem. *Revista Saneamento Ambiental*. São Paulo, n. 32, p. 8, abril/maio 1995.

PORTUGAL. Instituto de Apoio às Pequenas e Médias Empresas Industriais. Direção Geral da Qualidade do Ambiente. Oportunidades industriais: a valorização de resíduos. Lisboa, s. n. t.

PREFEITURA DO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO. *Composto orgânico produzido pela Prefeitura do Município de São Paulo - Usina de Compostagem de São Matheus*. s. n. t.

PROCHNIK, M. Usinas de reciclagem e compostagem de lixo urbano. p. 9, 1988. / FOLHETO 25X90

PRODUÇÃO: resíduos na natureza tudo se recicla. *Revista Dirigente Industrial*. São Paulo, vol. 31, n. 9, p. 10-15, 1990.

RECICLAGEM de alumínio: Seminário internacional em São Paulo. *Revista Saneamento Ambiental*. São Paulo, n. 40, p. 9, 1996.

RECICLAGEM energética: alternativa para tratar o lixo. *Revista Saneamento Ambiental*. São Paulo, n. 39, p. 8, maio/Junho 1996.

RECICLAGEM: estudos mostram utilidades da fibra do coco. *Revista Saneamento Ambiental*. São Paulo, n. 31, p. 11, março/abril, 1995.

RECICLAGEM: vida longa para os plásticos. Revista Polímeros: Ciência e Tecnologia, n. 4, São Paulo, 1992.

RECICLAR o desperdício de alimentos. *Publicação Cempre Informa*, n. 18, São Paulo, 1994

REZENDE, A. A. P. ; PEREIRA NETO, J. T. P. Estudo e avaliação da eficiência de uma usina DANO de compostagem: processo de triagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 17. Natal, 1993. *Anais*. Natal, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária, 1993. p. 277-287.

____. Estudo e avaliação da eficiência de uma usina dano de compostagem: processo de produção de composto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 17. Natal, 1993. *Anais*. Natal, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária, 1993. P. 22-38.

RIGGLE, D. New look in recycled plastic: Entrepreneur incorporates recycled materials and compost in higway sound barriers and gradually builds customer base. *Biocycle - Journal of Composting & Recycling*. vol. 35, n. 9, p. 39-40, 1994.

RIO DE JANEIRO. Companhia Municipal de limpeza Urbana-COMLURB. *Biogás*. Rio de Janeiro, 1992.

ROCKWELL, F. New York City recycling update: in april, the State Supreme Court gave the city two more eyars to meet a mandated 25 percent recycling goals. The decision impacts the pace of expanding the curbside program and materials processing. *Biocycle - Journal of Composting & Recycling*. vol. 35, n. 6, p. 65-67, 1994.

RUBBO, J. Doenças determinantes da aposentadoria dos servidores da coleta do lixo domiciliar em Porto Alegre. /Apresentado ao 12° Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Balneário Camboriú, 1983/

RUOCCO Jr. , J. et al. Metodologia de amostragem de lixo. /Apresentado ao III Congresso Brasileiro de Limpeza Pública e I Congresso Pan-Americano de Limpeza Pública, São Paulo, 1978/

SÁ, F. A. P. ; LEITE, L. E. H. B. C. Sistema de tratamento e disposição do lixo na cidade do Rio de Janeiro - usina de reciclagem eng° Luiz Eduardo Bahia.

/Apresentado ao XVI Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitária y Ambiental, São Domingos, 1978/

SÁ, F. A. P. et al. Usina de recuperação e trituração de lixo de Irajá. /Apresentado ao XV Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitária, Buenos Aires, 1976/

SÃO PAULO. Secretaria de Serviços e Obras. *Usina de processamento de resíduos sólidos domiciliares do Município de São Paulo*. São Paulo, s. n. t.

SCHALCH, V. ; REZENDE, M. O. O. O processo de compostagem do lixo e sua relação com a qualidade de adubo formado. *Revista Biϕ*, n. 4, p. 44 - 47, 1991.

SCHALCH, V. et al. *Gerenciamento de resíduos sólidos*. Goiânia, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária-ABES, 1990.

SCHNEIDER, V. E. *Estudo do Processo de Geração de Resíduos Sólidos Domésticos na Cidade de Bento Gonçalves*. São Paulo, 1994. 135p. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas.

SIMONI, M. ; MATTOS, U. A. O. *Roteiro de projeto*. Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Engenharia de Produção - disciplina Higiene e Segurança do Trabalho. s. n. t.

SINELLI, M. Lixo passado a limpo: no Rio, usina de compostagem gera polêmica entre prefeitura e construtora. *Construção*. n. 2380, p. 10-11, 1993.

STEUTEVILLE, R. Awards, upheaval and the world's biggest MRF: The coming year will be crucial in meeting economic and political challenges brought on by building a 2,000 ton per day waste reduction plant and implementing a major recycling program. *Biocycle - Journal of Composting & Recycling*. vol. 35, n. 2, p. 42-50, 1994.

STEUTEVILLE, R. Learning the processing business: A public agency continuously improves operations and efficentcy at its regional MRF. *Biocycle - Journal of Composting & Recycling*. vol. 36, n. 8, p. 54-57, 1995.

STEUTEVILLE, R. High-tech plastics processing: A North Carolina firm is attracting feedstock by accepting a full range of plastic bottles, from completely sorted to all resin mixed. *Biocycle - Journal of Composting & Recycling*. vol. 36, n. 3, p. 70, 1995.

STEUTEVILLE, R. Materials recovery facilities going strong: Developments in the materials processing industry include automation, flexible systems and increased profitability. *Biocycle - Journal of Composting & Recycling*. vol. 36, n. 8, p. 46-53, 1995.

STEUTEVILLE, R. Rural recycling: going the distance: reasonably priced waste diversion programs can be established in lightly populated areas, but need careful planning and regional cooperation. *Biocycle - Journal of Composting & Recycling*. vol. 35, n. 2, p. 58-61, 1994.

STEUTEVILLE, R. Year end review of recycling: with the infrastructure to utilize recycled materials in place, the industry may have reached a turning point in 1994. *Biocycle - Journal of Composting & Recycling*. vol. 35, n. 12, p. 30-32, 1994.

TURCATO, M. É tudo um lixo. *Revista Biϕ*. , ano I, n. 1, p. 20-21, set/out 1989.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY OFFICE OF SOLID WASTE. *Caracterization of Municipal Solid Waste in the United States:* 1990 update - Executive summary. Washington, 1990.

VALLE, C. E. A Descontaminação de Lâmpadas. *Revista Saneamento Ambiental*, n. 40, p. 36-38, 1996.

VASCONCELLOS, L. COMLURB inaugura a 3ª usina de lixo no Rio. *O GARI COMLURB RIO*, Rio de Janeiro, nov/dez, edição especial, n. 35, 1992. p. 3.

VIDRO: Abividro estimula reciclagem. *Revista Saneamento Ambiental*. São Paulo, n. 31, p. 15, março/abril, 1995.

VILLANI, F. T. ; PEREIRA NETO, J. T. P. Estudo e avaliação de métodos químicos para determinar o grau de maturação na compostagem do lixo urbano domiciliar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 17, Natal, 1993. *Anais*. Natal, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária, 1993. p. 3-21.

ZÁGARI, M. Técnica transforma lixo em adubo sem provocar poluição. *Jornal do Brasil*, Rio de Janeiro, 26 abril 1995.