

CONCEPÇÃO. PROJETO E OTIMIZAÇÃO DE USINAS DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM
DE LIXO DOMICILIAR. PARA O ESTADO DA PARAIBA. PROJETO PILOTO.

FOR

JUSCELINO DE FARIAS MARIBONDO

DISSERTAÇÃO APRESENTADA AO CURSO DE
POS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECANI-
CA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARA-
IBA. EM CUMPRIMENTO AS EXIGÊNCIAS
PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.

AREA DE CONCENTRAÇÃO : PROJETO DE PRODUTOS MECANICOS.

ORIENTADOR : PROF. Dr. NATANAEL VICTOR DE OLIVEIRA.

CO_ORIENTADOR : PROF. Ph.D. JOAO TINOCO PEREIRA NETO:

CAMPINA GRANDE - PARAIBA

ABRIL DE 1994

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAIBA

PRO-REITORIA PARA ASSUNTOS DO INTERIOR

CENTRO DE CIENCIAS E TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECANICA

CURSO DE POS-GRADUACAO EM ENGENHARIA MECANICA

DISSERTACAO DE MESTRADO

CONCEPCAO, PROJETO E OTIMIZACAO DE USINAS DE TRIAGEM E
COMPOSTAGEM DE LIXO DOMICILIAR. PARA O ESTADO DA PARAIBA
PROJETO PILOTO.

JUSCELINO DE FARIAS MARIBONDO

CAMPINA GRANDE - PARAIBA

ABRIL DE 1994.



M332c Maribondo, Juscelino de Farias
Concepcao, projeto e otimizacao de usinas de triagem e
compstagem de lixo domiciliar para o Estado da Paraiba :
projeto piloto / Juscelino de Farias Maribondo. - Campina
Grande, 1994.
209 f. : il.

Dissertacao (Mestrado em Engenharia Mecanica) -
Universidade Federal da Paraiba, Centro de Ciencias e
Tecnologia.

1. Lixo Domiciliar - 2. Lixo Domiciliar - 3. Dissertacao
I. Oliveira, Natanael Victor de, Dr. II. Pereira Neto, Joao
Tinoco, Dr.. III. Universidade Federal da Paraiba - Campina
Grande (PB)

CDU 628.4(043)

CONCEPÇÃO, PROJETO E OTIMIZAÇÃO DE USINAS DE TRIAGEM E COMPOSTA-
GEM DE LIXO DOMICILIAR. PARA O ESTADO DA PARAIBA- PROJETO PILOTO.

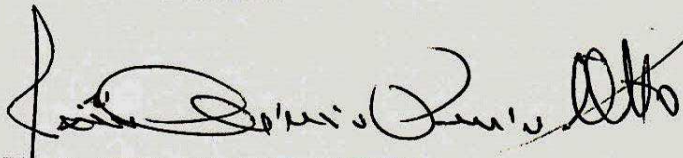
JUSCELINO DE FARIAS MARIBONDO

DISSERTAÇÃO APROVADA COM DISTINÇÃO EM 05 DE ABRIL DE 1994



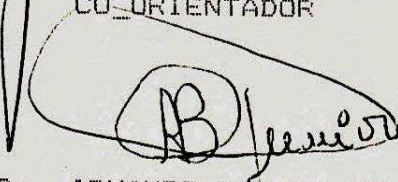
Prof. DR. NATANAEL VICTOR DE OLIVEIRA

ORIENTADOR



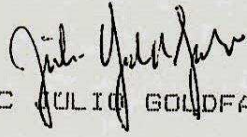
Prof. PH.D JOAO TINOCO PEREIRA NETO

CO_ORIENTADOR



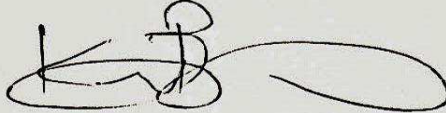
Prof. Dr. ARMANDO BORGES DE CASTILHOS JUNIOR

COMISSÃO DE BANCA



Prof. Titular Ms.C JULIO GOLDFARB

COMISSÃO DE BANCA



Prof. Dr. KEPLER BORGES FRANÇA

COMISSÃO DE BANCA

A minha mãe. Edeltrudes de Farias
Maribondo, pela lição de vida, fibra e
dignidade sempre exaltada e espelhada em
toda a minha caminhada.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Natanael Victor de Oliveira pela orientação e visão acadêmica.

Ao professor João Tinoco Pereira Neto pela elucidação de várias dúvidas e sugestões pertinentes à realização deste trabalho.

Ao professor Armando Borges de Castilhos Junior do Departamento de Engenharia Sanitária da Universidade Federal de Santa Catarina, pelas sugestões pertinentes ao melhoramento deste trabalho, e pela gentileza de ter aceito o convite para fazer parte da banca examinadora desta pesquisa.

A empresa genuinamente campinense, LABOREMUS, nas pessoas dos seus proprietários João Guimarães de Souza e Fabiano Dias de Souza, pela inestimável colaboração e financiamento no desenvolvimento do projeto, sem a qual não seria possível a realização desse trabalho.

A Fundação Nacional de Saúde, com sede no município de Esperança, estado da Paraíba, na pessoa do seu técnico Daniel Oliveira dos Santos, pela paciência e colaboração empreendida nos testes de campo, efetuados na usina de compostagem de lixo daquela cidade.

Aos funcionários da usina de compostagem de lixo do município de Esperança, estado da Paraíba, pelo bom humor e prestação de serviço empregado nesse projeto.

Ao professor e amigo Antonio Almeida Silva, pelas sugestões importantes, e palavras confortadoras dirigidas a este trabalho.

Ao engenheiro mecânico Rafael Antonio Rosa Romero, pela ajuda nos desenhos da usina de reciclagem e compostagem de lixo domiciliar, proposto por esse trabalho.

Ao designer industrial Natã Moraes de Oliveira e ao arquiteto Adjalmir Alves Rocha, pela ajuda no desenho arquitetônico da usina

de triagem e compostagem de lixo domiciliar, proposto por esse trabalho.

Ao meu irmão Márcio Vinicius de Farias Maribondo por ter, gentilmente, cedido a sua estação de trabalho durante toda a fase de elaboração e digitação final desta pesquisa.

A secretária do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Lúcia Márcia Donato Quijino, pela atenção e senso profissional sempre presente no atendimento a todos os mestrandos.

Ao colega de Departamento professor Pedro Ronaldo A. de Holanda, pelas informações úteis no dimensionamento do motor para o triturador de lixo domiciliar, e a todos os colegas que, de alguma forma ou de outra, auxiliaram, participaram ou deram sugestões para a elaboração e conclusão desse trabalho.

RESUMO

Apresenta-se neste trabalho, projeto de pesquisa de uma usina de reciclagem e compostagem de resíduos sólidos domiciliares, para municípios com uma população de até trinta e um mil habitantes.

O modelo físico de um triturador de resíduos sólidos domiciliares, é idealizado, projetado, otimizado e testado em escala real, na usina de compostagem de lixo urbano do município de Esperança, Estado da Paraíba.

Procurou-se utilizar na idealização do projeto, uma metodologia de projeto, onde utilizou-se como ferramenta básica de análise, a montagem de uma matriz morfológica. Deste modo, foi possível, através de uma análise global desta matriz, monitorar, dependendo do tamanho do município, uma usina de reciclagem e compostagem de lixo domiciliar, com soluções mais adequadas e viáveis.

Buscou-se, ainda para a realização e monitoramento deste projeto de pesquisa, analisar e estudar elementos e/ou fatores considerados de extrema importância, tais como: conhecer as causas/efeitos da poluição e o seu impacto ambiental; como "anda" o saneamento básico no Brasil e particularmente no Estado da Paraíba, e analisar os principais parâmetros que influenciam na escolha adequada de projetos desta natureza.

Como resultado deste trabalho de pesquisa, mostrou-se que a produtividade do equipamento projetado e testado foi muito significativa se comparado com o sistema de trituração anteriormente instalado naquela usina.

Infelizmente, não foi possível, pela ausência de financiamento, construir o sistema de usina proposto neste trabalho de pesquisa, embora a proposta de trabalho do projeto, esteja no contexto deste trabalho. No entanto, projetou-se e testou-se em escala real, um equipamento destinado a triturar resíduos sólidos domiciliares, que é um componente e/ou parte do projeto, como um todo, extremamente importante.

ABSTRACT

The object of this dissertation was the elaboration of a research project of a unit for recycling and composting of domestic solid residue for cities with a population below thirty one thousand inhabitants.

A physical model of a machine to triturate urban garbage has been idealized, planned, optimized and tested in real scale in the composting unit of Esperanca, a municipality at the state of Paraíba.

During the idealization of this project it was used a methodology of a morphologic matrix as a basic tool of analysis. Then it was possible through the global matrix analysis to monitor all parameters inherent to selection of a processing unit, according with the size of the municipality, permitting in this case a viable solution.

To make a consistent monitor of the system was realized a study and analysis of various elements considered important, such as the relation cause/effect of the pollution and his impact on the environment, the conditions of basic sanitation in Brazil, especially at the state of Paraíba and to analyze the most important parameters that have influences on the most adequate choice in projects of this nature.

The final main result of this research has demonstrated show that the projected and tested equipment permitted to obtain a superior productivity in relation to that previous installed equipment at the unit of Esperanca.

Unfortunately it was not possible to construct the complete system due to the absence of financial support. However, a part of the system composed by a triturator was manufactured and gently donated by LABOREMUS (constructor of forage machines in Campina Grande - PB) and was tested and has obtained satisfactory results for a future research and application.

RESUMO.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
SIMBOLOGIA.....	XVIII
LISTA DE FIGURAS.....	XXI
LISTA DE TABELAS.....	XXVI
CAPITULO I - EFEITO DA POLUICAO NO MUNDO.....	1
1.1 - Introducao.....	1
1.2 - Consideracoes gerais.....	1
1.3 - Aspectos gerais sobre o saneamento basico no Brasil.....	13
1.3.1 - O saneamento basico na Paraiba.....	24
1.4 - Conclusao.....	30
CAPITULO II - REVISAO BIBLIOGRAFICA, SEGUNDO LIMA (1991) E OUTROS AUTORES SOBRE SISTEMAS DE RECI- CLAGEM E COMPOSTAGEM DE LIXO URBANO.....	32
2.1 - Introducao.....	32
2.2 - Consideracoes gerais.....	32
2.3 - O processo de compostagem.....	35
2.4 - Classificacao do processo de compostagem....	37
2.5 - Fatores que influenciam na compostagem moder- na.....	37
2.5.1 - Temperatura.....	37
2.5.2 - Taxa de oxigenacao.....	38

2.5.3 - Teor de umidade.....	39
2.5.4 - Nutrientes.....	40
2.5.5 - Granulometria.....	41
2.5.6 - Forma e disposição das leiras no pátio de compostagem.....	41
2.6 - Sistemas de reciclagem e compostagem.....	42
2.6.1 - Sistema chinês para compostagem de resíduos orgânicos.....	44
2.6.2 - Sistema Bommer.....	45
2.6.3 - Sistema Indore.....	46
2.6.4 - Sistema Beccari.....	47
2.6.5 - Sistema Van Manhem.....	48
2.6.6 - Sistema Kiehl.....	48
2.6.7 - Sistema Carel-Fouche-Lanquepin.....	50
2.6.8 - Sistema Arnhem.....	52
2.6.9 - Sistema Fermascreen.....	54
2.6.10 - Sistema Windrow.....	55
2.6.11 - Sistema Fairfield-Hardy.....	57
2.6.12 - Sistema Fairfield-Hardy- DiBartolomeis.....	59
2.6.13 - Sistema Varro.....	61
2.6.14 - Sistema de Leiras Estáticas Aeradas.....	64
2.6.15 - Sistema Cetesb.....	65
2.6.16 - Sistema Comlurb.....	67
2.6.17 - Sistema Dano.....	69
2.6.18 - Sistema Fairfield-Hardy-Lima.....	71
2.6.19 - Sistema Biorápid.....	73
2.6.20 - Sistema Vermicomposting.....	75
2.6.21 - Sistema T.U.C.	77
2.6.22 - Sistema Penido Monteiro-Mansur.....	81

2.6.23 - Sistema F.N.S.	82
2.6.24 - Sistema Iguaçumec.....	84
2.6.25 - Sistema Stollmeier.....	86
2.7 - Conclusão.....	88

CAPITULO III - PARAMETROS QUE INFLUENCIAM NA ESCOLHA
E NO PROJETO DE SISTEMAS DE TRATAMENTO
DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS.....

3.1 - Introdução.....	89
3.2 - Levantamentos preliminares.....	92
3.3 - Estudos demográficos.....	92
3.4 - Caracterização dos serviços de limpeza urbana do município.....	92
3.5 - Caracterização dos resíduos sólidos produzidos no município.....	93
3.6 - Determinação da contribuição média per-cápita de lixo produzido no município..	94
3.7 - Estudo da composição gravimétrica e avaliação do balanço de massa dos resíduos.	94
3.8 - Escolha do terreno para implantação da usina.....	95
3.9 - Elaboração do projeto.....	97
3.10 - Conclusão.....	97

+ CAPITULO IV - DESENVOLVIMENTO DE CONCEPCOES DE SISTEMAS
DE TRATAMENTO DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS...

4.1 - Introdução.....	98
4.2 - Elaboração da matriz morfológica.....	98
4.3 - Conceção escolhida a partir da montagem da matriz morfológica.....	110
4.4 - Conclusão.....	115

CAPITULO V	- PROJETO PRELIMINAR.....	116
5.1	- Introdução.....	116
5.2	- O projeto preliminar.....	116
5.3	- Conclusão.....	125
CAPITULO VI	- PROJETO DETALHADO E CONSTRUÇÃO DO PROTOTIPO EM ESCALA REAL.....	127
6.1	- Introdução.....	127
6.2	- Projeto detalhado.....	127
6.3	- Construção do protótipo (Triturador de lixo domiciliar).....	130
6.4	- Conclusão.....	135
CAPITULO VII	- FASE DE TESTES E REPROJETO.....	136
7.1	- Introdução.....	136
7.2	- Metodologia aplicada.....	136
7.3	- Testes preliminares - identificação de pro- blemas.....	137
7.4	- Diagnósticos - Soluções e testes de campo realizados na usina de compostagem de lixo urbano de Esperança.....	144
7.5	- Projeto de otimização e testes de campo realizados na usina de compostagem de lixo urbano de Esperança.....	147
7.6	- Especificação do motor para o triturador de lixo domiciliar.....	150
7.6.1	- Dimensionamento do motor.....	151
7.7	- Conclusão.....	152
CAPITULO VIII	- CONCLUSÕES GERAIS E RECOMENDAÇÕES.....	154
8.1	- Conclusões Gerais.....	154

8.2 - Recomendações.....	156
--------------------------	-----

APENDICE A - CALCULOS DO DIMENSIONAMENTO DA USINA, PILOTO, DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE LIXO DOMICILIAR, PARA OS MOLDES DO ESTADO DA PARAIBA.....	158
A.1 - Introdução.....	158
A.2 - Dados importantes ao dimensionamento da usina.....	158
A.3 - Cálculos.....	159
A.3.1 - Quantidade de lixo produzido por dia.....	159
A.3.2 - Volume de lixo produzido por dia.....	159
A.3.3 - Comprimento da leira de lixo por dia.....	160
A.3.4 - Area ocupada pela leira.....	161
A.3.5 - Area do pátio de compostagem.....	161
A.3.6 - Cálculo do volume do fosso de recebimento dos resíduos.....	162
A.3.7 - Cálculos das baias.....	163
A.3.8 - Cálculo do volume do composto produzido na usina.....	163
A.3.9 - Cálculo do rejeito da usina.....	164
A.3.10- Cálculo da frequência de abastecimento da usina.....	165
A.4 - Conclusão.....	165
APENDICE B - FORÇAS ATUANTES NO TRITURADOR DE LIXO DOMI- CILIAR.....	166
B.1 - Introdução.....	166
B.2 - Dados importantes para o cálculos dos esforços desenvolvidos no equipamento (Triturador de lixo domiciliar).....	166

B.3 - Esquema físico do triturador de lixo domici- liar.....	167
B.4 - Cálculos.....	168
B.4.1 - Torque desenvolvido na polia condutora....	168
B.4.2 - Força na árvore desenvolvida pela trans- missão de potência entre polias.....	168
B.4.3 - Reações nos mancais A e B.....	169
B.4.4 - Força de corte empreendida pela navalha...	170
B.4.5 - Capacidade de carga nos rolamentos A e B..	170
B.4.6 - Comprimento da correia.....	171
B.4.7 - Velocidade da correia.....	172
B.4.8 - Potência por correia.....	172
B.4.9 - Número de correias.....	173
B.4.10- Tensão suportada pelo eletrodo.....	173
B.5 - Cálculos de alguns elementos de máquinas que fazem parte do equipamento e forças atuantes, utilizando o motor de 15 cv.....	174
B.6 - Conclusão.....	175

APENDICE C - CALCULO DA PRODUTIVIDADE DA FORRAGEIRA (FP3) E DO TRITURADOR DE LIXO DOMICILIAR.....	176
C.1 - Introdução.....	176
C.2 - Produção da máquina forrageira tipo 3 (FP3) da empresa LABOREMUS, utilizando rotor de duas lâminas.....	176
C.2.1 - Cálculos da tabela C.1.....	177
C.3 - Produção da máquina forrageira tipo 3 (FP3) da empresa LABOREMUS, utilizando rotor de três lâminas.....	177
C.4 - Produção do triturador de lixo domiciliar...	178
C.5 - Peso por pa e frequência de abastecimento...	178

C.6 - Observações.....	178
C.7 - Gráficos.....	179
C.8 - Conclusões.....	182
 ANEXO I - VISITAS TÉCNICAS.....	 184
I.1 - Introdução.....	184
I.2 - Objetivo das visitas técnicas.....	184
I.3 - Resultados.....	184
I.4 - Relatórios.....	185
I.4.1 - Dados técnicos sobre as instalações das usinas de João Pessoa e Natal.....	186
I.4.1.1 - Sistema de trituração.....	186
I.4.1.2 - Sistema de compostagem.....	187
I.4.1.3 - Sistema de peneiramento.....	187
I.4.1.4 - Edificações.....	188
I.4.5 - Observações pessoais.....	188
I.4.5.1 - Usina de reciclagem e compostagem de lixo urbano do município de João Pessoa, Estado da Paraíba.....	188
I.4.5.2 - Usina de reciclagem e compostagem de lixo urbano do município de Natal, Estado do Rio Grande do Norte.....	189
I.4.6 - Conclusões.....	190
I.4.7 - Figuras que mostram o sistema de reciclagem e compostagem de lixo urbano dos municípios de João Pessoa e Natal.....	191
I.4.8 - Dados técnicos sobre as instalações das usinas de Esperança e Guarabira.....	197
I.4.8.1- Sistema de compostagem.....	197
I.4.8.2- Sistema de peneiramento.....	198
I.4.8.3- Edificações.....	198

I.4.9 - Observações pessoais.....	199
I.4.9.1- Usina de reciclagem e compostagem de lixo urbano do município de Esperança. Estado da Paraíba.....	199
I.4.9.2- Usina de reciclagem e compostagem de lixo urbano do município de Guarabira. Estado da Paraíba.....	200
I.4.10 - Conclusões.....	200
I.4.11 - Figuras que mostram o funcionamento do sistema de reciclagem e compostagem de lixo urbano dos municípios de Esperança e Guarabira.....	201
ANEXO II - GINCANA EDUCATIVA SOBRE RECICLAGEM DE PAPEL.	
II.1 - Introdução.....	205
II.2 - Metodologia.....	205
II.3 - Resultados.....	207
II.4 - Conclusões.....	208
II.5 - Figuras mostrando recortes de jornal, reportando a gincana educativa sobre o tema: "Papel não é lixo".....	208
ANEXO III - DESENHOS DA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE LIXO DOMICILIAR. PARA OS MOLDES DO ESTADO DA PARAIBA. PROJETO PILOTO	
ANEXO IV - DESENHOS DO PROTOTIPO (TRITURADOR DE LIXO DOMICILIAR).	
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.	

SIMBOLOGIA

Ac	- Area de compostagem
A _L	- Area ocupada pela leira
C	- Distância entre centros da polia condutora a conduzida
C _L	- Comprimento da leira
col.	- Coluna
Coln	- Colunas da matriz morfológica
confec.	- Confeccção
const.	- Construção
C _A	- Capacidade de carga no rolamento A
C _B	- Capacidade de carga no rolamento B
D	- Diâmetro da polia condutora
d	- Diâmetro da polia conduzida
equip.	- Equipamento
F	- Força transmitida à árvore
F _a	- Frequência de abastecimento da usina
f ₁	- Tensão no ramo tenso da correia
f ₂	- Tensão no ramo frouxo da correia
F _c	- Força de corte da navalha
fig.	- Figura
F _y	- Força transmitida à árvore com relação ao eixo Y
F _z	- Força transmitida à árvore com relação ao eixo Z
H	- Dureza Brinell
ha	- Hectare
hab.	- Habitante
HP	- Horse Power
I	- Amperre
KWh	- Quilowatts hora
L	- Comprimento das correias
Ln	- Linhas da matriz morfológica

m	- Metro
mat.	- Material
mm	- Milimetro
m ³	- Metros cúbicos
m ²	- Metros quadrados
no	- Número
Nc	- Número de correias
kg	- Quilograma
km	- Quilómetro
n	- Capacidade de potência por correia
Pot	- Potencia do motor
Q	- Quantidade de lixo produzido por dia
r	- raio do centro do eixo do rotor ao gume de corte da navalha
	lha
R _A	- Reação no mancal A
R _{Ay}	- Reação no mancal A com relação ao eixo Y
R _{Az}	- Reação no mancal A com relação ao eixo Z
R _B	- Reação no mancal B
R _{By}	- Reação no mancal B com relação ao eixo Y
R _{Bz}	- Reação no mancal B com relação ao eixo Z
rpm	- Rotacões por minuto
Ru	- Rejeito da usina
T	- Torque
ton.	- Tonelada
util.	- Utilizado
V	- Volume de lixo produzido por dia
Vc	- Velocidade da correia
V _f	- Volume do fossa
V _{como}	- Volume do composto
x1	- Distância do mancal A ao ponto de origem
x2	- Distância do centro da navalha ao ponto de origem

x_3	- Distância do mancal B ao ponto de origem
Σ	- Somatório
ΣF_y	- Somatório das forças com relação ao eixo Y
ΣF_z	- Somatório das forças com relação ao eixo Z
ΣM_{Oy}	- Somatório dos momentos com relação ao eixo Y
ΣM_{Oz}	- Somatório dos momentos com relação ao eixo Z
η_1	- Rotação da polia condutora
η_2	- Rotação da polia conduzida
θ	- Inclinação entre a linha de centro das polias condutora e conduzida
θ_L	- Ângulo de abraçamento da polia condutora
θ_s	- Ângulo de abraçamento da polia conduzida
σ	- Tensão suportada pelo eletrodo

LISTA DE FIGURAS

FIGURA	DENOMINAÇÃO	PAGINA
1.1	- Formas de acondicionamento dos resíduos sólidos urbanos.....	19
1.2	- Formas de acondicionamento dos resíduos sólidos urbanos.....	20
1.3	- Formas de acondicionamento dos resíduos sólidos urbanos.....	20
1.4	- Formas de acondicionamento dos resíduos sólidos urbanos.....	21
1.5	- Formas de acondicionamento dos resíduos sólidos urbanos.....	21
1.6	- Apoios para os recipientes de resíduos sólidos urbanos confeccionados pela população, sem nenhum cuidado ergonômico.....	21
1.7	- Apoios para os recipientes de resíduos sólidos urbanos confeccionados pela população, sem nenhum cuidado ergonômico.....	21
1.8	- Apoios para os recipientes de resíduos sólidos urbanos confeccionados pela população, sem nenhum cuidado ergonômico.....	21
1.9	- Formas de acondicionamento dos resíduos sólidos urbanos.....	22
1.10	- Forma inadequada de destinação final de resíduos sólidos hospitalares - descarga a céu aberto....	29
2.1	- Sistema chinês	45
2.2	- Sistema Indore.....	46

FIGURA	DENOMINAÇÃO	PAGINA
2.3	- Sistema Beccari.....	48
2.4	- Sistema Kiehl.....	50
2.5	- Sistema Carel-Fouché-Lanquepin.....	52
2.6	- Sistema Arnhem.....	54
2.7	- Detalhes dos tambores do sistema Fermascreen....	55
2.8	- Sistema Windrow.....	58
2.9	- Sistema Fairfield-Hardy.....	59
2.10	- Sistema Fairfield-Hardy-DiBartolomeis.....	61
2.11	- Sistema Varro.....	63
2.12	- Sistema CETESB.....	67
2.13	- Sistema Comlurb.....	69
2.14	- Sistema Dano.....	71
2.15	- Sistema Fairfield-Hardy-Lima.....	73
2.16	- Sistema Biorapid.....	75
2.17	- Sistema Vermicompostino.....	77
2.18	- Sistema T.U.C.	80
2.19	- Sistema Penido Monteiro- Mansur.....	82
2.20	- Sistema Fundação Nacional de Saúde.....	84
2.21	- Sistema Iguacumec.....	86
2.22	- Sistema Stollmeier.....	87
3.1	- Parâmetros que influenciam na escolha ou no projeto de usinas de tratamento de resíduos sólidos urbanos.....	91
4.1	- Tipos de fosso usados na descarga e recepção do lixo.....	102
4.2	- Materiais utilizados na construção dos fossos de recepção e descarga do lixo.....	102

FIGURA	DENOMINAÇÃO	PAGINA
4.3	- Tipos de sistemas utilizados na alimentação dos resíduos no processo de reciclagem e compostagem de lixo.....	103
4.4	- Equipamentos utilizados no desabastecimento do fosso e alimentação do sistema.....	104
4.5	- Tipos de sistemas utilizados na triagem dos reciclados nas usinas de reciclagem e compostagem de lixo.....	104
4.6	- Tipos de sistemas e equipamentos utilizados na triagem dos reciclados.....	105
4.7	- Tipos de equipamentos utilizados na trituração dos resíduos orgânicos.....	106
4.8	- Tipos de equipamentos e sistemas utilizados na homogeneização, fermentação e cura da matéria orgânica.....	107
4.9	- Tipos de sistemas utilizados no peneiramento do composto.....	107
4.10	- Tipos de peneiras utilizadas na classificação do adubo.....	108
4.11	- Forma de preenchimento da matriz morfológica....	108
4.12	- Matriz morfológica do processo de reciclagem e compostagem de lixo urbano.....	110
4.13	- Escolha do processo de reciclagem e compostagem a partir da matriz morfológica.....	112
4.14	- Esquema representativo, do processo de reciclagem, escolhido a partir da matriz morfológica...	114
5.1	- Vista em corte da área de recepção dos resíduos, da área de pré-triagem da areia e o posicionamento dos operários nesse setor.....	118

FIGURA	DENOMINACAO	PAGINA
5.2	- Vista em corte da mesa de triagem e da área de espera.....	119
5.3	- Vista do rotor de três lâminas e seu sistema de acionamento.....	121
5.4	- Sistema de pesagem dos resíduos.....	122
5.5	- Vista do pátio de compostagem.....	123
5.6	- Peneira a ser utilizada no processo de qualificação do composto.....	124
5.7	- Grelha utilizada nos testes na usina de reciclagem e compostagem de lixo urbano do município de Esperança, para reduzir a quantidade de areia presente no interior dos resíduos.....	126
6.1	- Vista da tampa basculante e do alimentador.....	131
6.2	- Vista da caixa de trituração, base de apoio do motor e do defletor de partículas.....	132
6.3	- Vista da proteção do motor, correias e polias...	132
6.4	- Vista do rotor.....	133
6.5	- Vista do protótipo.....	134
6.6	- Vista lateral do protótipo.....	134
6.7	- Vista frontal do protótipo.....	135
7.1	- Entupimento da "boca" do alimentador por ramos de feijão.....	138
7.2	- Vista do rotor impregnado por fibras.....	139
7.3	- Incrustações na base do alimentador.....	140
7.4	- Vista da caixa de trituração impregnada com resíduos triturados.....	140
7.5	- Desgaste prematuro das lâminas.....	141
7.6	- Vista do lançamento de partículas pela calha de entrada do material (alimentador).....	142
7.7	- Caiamento de resíduos, durante a alimentação do	

FIGURA	DENOMINAÇÃO	PAGINA
	equipamento, sobre o motor e o sistema de transmissão.....	143
7.8	- Rotor de três lâminas.....	149
I.1	- Vista geral da usina de reciclagem e compostagem de lixo urbano da cidade de Natal, Estado do Rio Grande do Norte.....	192
I.2	- Vista do fosso e da garra tipo pólibo da usina de reciclagem e compostagem de lixo urbano da cidade de Natal, Estado do Rio Grande do Norte..	192
I.3	- Vista do chão movediço com resíduos.....	193
I.4	- Vista do alimentador.....	193
I.5	- Catação manual de recicláveis.....	194
I.6	- Vista geral da mesa de triagem.....	194
I.7	- Vista do moinho triturador com suas plataformas e da esteira elevatória dos resíduos triturados.	195
I.8	- Vista da peneira classificatória de composto....	195
I.9	- Equipamentos para prensar e enfardar os recicláveis. a) Prensa hidráulica para latas. b) Prensa eletromecânica para papéis.....	196
I.10	- Vista geral da usina de reciclagem e compostagem de lixo urbano do município de Esperança, Estado da Paraíba.....	201
I.11	- Área de recebimento dos resíduos sólidos urbanos- Dosagem manual na mesa de triagem. Sistema adotado nas usinas de reciclagem e compostagem de lixo urbano dos municípios de Esperança e Guarabira, Estado da Paraíba.....	202
I.12	- Setor de triagem dos recicláveis. Sistema utilizado nas usinas de reciclagem e compostagem de lixo urbano dos municípios de Esperança e Guarabira.	

FIGURA	DENOMINACAO	PAGINA
	Estado da Paraíba.....	202
I.13 -	Vista geral da mesa de triagem e da pesagem dos resíduos orgânicos. Sistema utilizado nas usinas de reciclagem e compostagem de lixo urbano dos municípios de Esperança e Guarabira. Estado da Paraíba.....	203
I.14 -	Vista do pátio de compostagem. Reviramento manual.....	203
I.15 -	Vista do sistema de peneiramento utilizado pelas usinas de reciclagem e compostagem de lixo urbano dos municípios de Esperança e Guarabira. Estado da Paraíba.....	204
I.16 -	Vista da queima dos rejeitos na usina de reciclagem e compostagem de lixo urbano do município de Guarabira. Estado da Paraíba.....	204
II.1 -	Reportagem do Jornal da Paraíba sobre a gincana educativa "Papel não é lixo".....	208
II.2 -	Reportagem do Jornal da Paraíba sobre a gincana educativa "Papel não é lixo".....	209
II.3 -	Reportagem do Diário da Borborema sobre a gincana educativa "Papel não é lixo".....	209

LISTA DE TABELAS

TABELA	DENOMINAÇÃO	PÁGINA
1.1	- Estimativa populacional do planeta Terra.....	8
1.2	- Valores quantitativos de domicílios e suas formas de destinação final.....	16
1.3	- Valores quantitativos dos resíduos sólidos urbanos produzidos no Brasil e suas formas de destinação final.....	18
7.1	- Valores de pico da corrente elétrica, requerido pelo equipamento, durante a fase de trituração dos resíduos.....	151
C.1	- Produção da máquina forrageira tipo 3 (FP3) utilizada como triturador de lixo urbano do município de Esperança, Estado da Paraíba - (Rotor de 2 lâminas).....	176
C.2	- Produção da máquina forrageira tipo 3 (FP3) utilizada como triturador de lixo urbano do município de Esperança, Estado da Paraíba - (Rotor de 3 lâminas).....	177
C.3	- Produção do triturador de lixo domiciliar testado na usina de compostagem de lixo urbano do município de Esperança, Estado da Paraíba.....	178
C.4	- Peso por pá e frequência de abastecimento do equipamento (Triturador de lixo domiciliar).....	178

CAPITULO I

1.0 - EFEITO DA POLUIÇÃO NO MUNDO

1.1 - INTRODUÇÃO

Neste capítulo, será apresentado de forma geral os problemas e os efeitos causados, pelo homem, ao meio ambiente, pelo uso indevido de agentes e ações poluidoras: crescimento demográfico; produção de lixo... os quais ajudam a reduzir a qualidade de vida dos seres vivos presentes no planeta.

Outro ponto abordado é a questão do saneamento Básico no Brasil e no Estado da Paraíba. Nessa oportunidade, são mostradas algumas figuras, ilustrativas, da forma e do tipo de acondicionamento de resíduos sólidos urbanos (LIXO), utilizados pela população Paraibana.

1.2 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

O planeta azul agoniza.

E de se pensar que o espaço é o limite quando se trata de poluição causada pelo homem. No entanto, o que se noticia é que, em determinadas órbitas, cinturões de resíduos sólidos (parafusos, porcas, flandelagens, satélites inoperantes) se acumulam, podendo vir a prejudicar outros satélites de comunicação, provocar colisões com naves espaciais como o quase acidente da nave Endeavour noticiado pelo JORNAL NACIONAL da rede Globo em 23/junho/1993 ou mesmo vir a cair sobre pessoas ou propriedades.

Por outro lado, soma-se a isso, a destruição da camada de ozônio, devido principalmente ao uso indiscriminado e ao lançamento no ar de gases clorofluorcarbonos (CFC's) usados em aerossóis, geladeiras, aparelhos de ar condicionado, na fabricação de

produtos como isopor e espuma, entre outros.

Essa camada de ozônio está situada na estratosfera, numa faixa entre 15 a 60 Km acima da superfície terrestre, tendo por finalidade filtrar os perigosos raios ultravioletas provenientes do Sol (THE EARTH.WORKS GROUP, 1989).

O gás CFC é usado, principalmente por apresentar baixa toxicidade, não ser inflamável e ser bastante estável, isto é, não se decompõe com facilidade, razão por que permanece inalterado por mais de 150 anos (THE EARTH.WORKS GROUP, 1989).

Para se compreender melhor os efeitos desse gás na camada de ozônio é necessário conhecer como se dá o mecanismo de destruição desta camada, logo após a liberação desse produto.

Inicialmente, ao ser liberado, o gás, por ser mais leve..., sobe, indo atingir a estratosfera. Lá, submetido à radiação ultravioleta se "quebra", liberando átomos de cloro, que passam da forma passiva para a forma ativa. Nesta forma ativa, os átomos de cloro começam a destruir a camada de ozônio numa escala assustadora: um único átomo de cloro é responsável pela destruição de cerca de 100 mil moléculas de ozônio, antes de cair novamente sobre a superfície da Terra. E, nesta escala devastadora, se estima que, no mínimo, 3% desta camada já esteja destruída pela ação dos CFC's (THE EARTH.WORKS GROUP, 1989).

Estes danos são tão sérios que, segundo AECIO MOURA DA SILVA, no seu trabalho "Estudo de Impacto Ambiental-1989," chega a comentar que "... se hoje paralisarmos totalmente de produzir CFC's levaremos nada menos do que 100 anos para que os índices de ozônio voltem a ser o que eram há 30 anos passados". Tal afirmação demonstra serem necessárias soluções rápidas a este respeito. Mas, enquanto isso não acontece, as consequências práticas dessas alterações na camada de ozônio estão começando a se fazerem presentes: o aumento generalizado de câncer de pele; o incremento da

incidência de doenças nos olhos, como por exemplo, a catarata; a diminuição das colheitas; a destruição em larga escala dos fitoplanctons que, nos mares são responsáveis por cerca de 70% do oxigênio disponível na terra, servem de alerta às autoridades e à população sobre o uso indiscriminado desse produto (DA SILVA, 1989 Apud UNEP,1988b).

Segundo o físico espacial VOLKER KIRCHHOFF, Coordenador do Projeto Ozônio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), de São José dos Campos "... a tendência do buraco é continuar aumentando nos próximos anos". Esta afirmação se deu, principalmente, após o satélite Nimbus-7, da NASA, ter mostrado que o buraco na camada de ozônio atingiu seu tamanho recorde. Esse buraco, situado sobre a Antártica, chegou a atingir 23,4 milhões de quilômetros quadrados. Tomando como base o território brasileiro, que possui uma área de aproximadamente 8,51 milhões de quilômetros quadrados, isto significa um rombo de 2,75 vezes o território brasileiro. Como efeito desse rombo, a cidade chilena de Punta Arenas tem comprovado o crescimento de casos de cegueira nos rebanhos de ovelhas e coelhos daquela região (REVISTA VEJA, OUT/1992).

Outro agravante do desequilíbrio ecológico do planeta, reside no uso de combustíveis fósseis para movimentar carros e indústrias bem como nas práticas das queimadas como forma de limpeza e preparo do solo para plantio e pastagens.

Esses atos, citados acima, lançam no ar uma constante e crescente emissão de dióxido de carbono (CO_2), responsável por cerca de 50% do efeito estufa (THE EARTH.WORKS GROUP,1989). Em consequência presume-se que, até o ano 2030, a temperatura média da Terra seja elevada em 1,5 a 4 graus Celsius (DA SILVA, 1989). Tal elevação de temperatura, causará em algumas cidades, em épocas de verão, um acréscimo de 10 graus em suas temperaturas

ambientes, concorrendo, ainda, para aumentar de 0,5 a 1,5 metros os níveis dos mares, decorrentes do derretimento das calotas polares (DA SILVA, 1989).

Concorre, também, para o desequilíbrio ambiental, o veloz e espantoso processo de desertificação mundial.

Atualmente, 3,5 bilhões de hectares, uma área correspondente a América do Norte e do Sul juntas (DA SILVA, 1989 Apud UNEP, 1988), estão sendo afetados pelo processo de desertificação. Assim, uma população de, aproximadamente 1,2 bilhões de habitantes, vivem em áreas desérticas e pré-desérticas, localizadas, em grande parte, em países do terceiro mundo.

Estudos realizados pela ONU (DA SILVA, 1989 Apud UNEP, 1988), revelam que tal problema está intimamente relacionado ao desaparecimento das florestas. Nos últimos 100 anos, foram derrubadas nada menos do que cerca de 2 bilhões de hectares de matas tropicais.

Estima-se que, a cada ano, 27 milhões de quilômetros quadrados de florestas tropicais sejam destruídas, ou 74 mil quilômetros quadrados por dia... 3 mil quilômetros quadrados por hora... 50 quilômetros quadrados por minuto... tendo o Brasil o campeonato mundial de desmatamento, com uma perda anual média de 50 mil quilômetros quadrados de florestas (THE EARTH.WORKS GROUP, 1989).

Sabe-se que o solo das florestas tropicais não é fértil e que apenas uma pequena camada dessa superfície pode ser considerada agricultável, em função da presença de nutrientes, que advém da própria vegetação que cobre o solo. Portanto, quando uma área dessa floresta é destruída para dar lugar, por exemplo, a pastagens, o solo se exaure em pouco mais de 2 anos, gerando ou iniciando os desertos (THE EARTH.WORKS GROUP, 1989).

Além dos problemas acima citados, tem-se ainda o problema

dos produtos químicos.

Sabe-se que até a presente década (1990), já são conhecidos mais de 7 milhões de produtos químicos e, desse total, cerca de 80.000 são comumente usados, mesmo sendo potencialmente perigosos sob o ponto de vista ambiental, caso sejam usados erroneamente ou lançados acidentalmente no meio ambiente (DA SILVA, 1989 Apud WHO, 1986).

Pesquisas realizadas pela ONU revelam que, em 1930, foi produzido em todo o mundo 1 milhão de toneladas de produtos químicos orgânicos. Já em 1970 essa produção atingia 63 milhões de toneladas. Em 1985, chegou a 250 milhões de toneladas e estima-se, para 1992, segundo o relatório da UNEP (DA SILVA APUD UNEP 1988e), que a produção mundial seja de 500 milhões de toneladas métricas. Comprova-se, pois, que a produção desses produtos tóxicos estão duplicando a cada 2 anos.

Se, por outro lado, for observado a água que existe na Terra percebe-se que outros problemas também afloram.

Segundo AECIO MOURA DA SILVA (Estudo de Impacto Ambiental, 1989) fazendo menção à bibliografia do UNEP (1988g), afirma que o volume total de água na Terra é de cerca de 1.4 bilhões de quilômetros cúbicos, pesando aproximadamente 10^{18} toneladas. Entretanto, mais de 97% deste total estão concentrados nos oceanos, onde a grande maioria dos 20 bilhões de toneladas, por ano, de lixo e esgotos domésticos produzidos no mundo são lançados ou carregados, frequentemente sem nenhum tratamento primário. Do restante, quase 3% estão assim divididos: cerca de 3/4 estão nas calotas polares em forma de gelo, inacessíveis aos centros urbanos; quase 1/4 está no subsolo em lençóis freáticos, que constantemente são contaminados por vazamentos de tanques de gasolina, fossas sépticas, agrotóxicos, óleos combustíveis provenientes de manutenção de automóveis e efluentes industriais. Restam então, apro-

ximadamente 1% dos 3% acima citados de água, contida em rios, lagos e acúdes, fazendo parte do ciclo hidrológico mundial, do qual as populações efetivamente dispõem para sua sobrevivência.

Ainda segundo o trabalho anteriormente citado, estima-se que deste quase 1% de que se dispõe efetivamente para sobreviver, 6% estão destinados para o uso doméstico, 21% para uso industrial e 73% destinado para a irrigação.

Agravando a pouca disponibilidade de água potável, rios inteiros são transformados em verdadeiros esgotos a céu aberto, como, por exemplo, o Tietê, na cidade de São Paulo.

Dados, ainda, do UNEP, confirmam que aproximadamente 1,7 bilhões de pessoas em todo o mundo não possuem serviços de tratamento de água e que cerca de 3 bilhões não têm nenhum tipo de saneamento básico. Para agravar mais ainda esse quadro de abandono, cerca de 75% de todas estas necessidades de saneamento básico, estão localizadas justamente nos países do terceiro mundo (DA SILVA, 1989).

Alia-se a isso a questão do lixo nuclear, para o que não existe um processo que elimine a sua toxicidade e o recicle ao meio ambiente, ficando não só o planeta, mas todo o ser vivo nele presente, à mercê de radiações nocivas à saúde causadas por negligência humana, falhas técnicas e vida útil reduzida de máquinas e equipamentos destinados ao manuseio de tal forma de energia (REVISTA GLOBO CIENCIA, abril/1993).

Além das questões já citadas, uma das mais preocupantes é o problema da superpopulação que, transforma-se numa bomba relógio contra o meio ambiente e a qualidade de vida do próprio homem.

Segundo RUSSEL (World Wildlife Fund, EUA), a Terra em 1980 contava com 4,4 bilhões de habitantes. Em 1990, 5,2 bilhões, e, a cada dia, uma parcela desta população invade áreas até então reservadas à fauna e à flora nativas.

A extinção de espécies animais prossegue em ritmo acelerado. Nosso planeta perde, segundo o THE EARTH WORDS GROUP (1989), três espécies por dia. Nesse ritmo, podemos chegar a três espécies por hora. No ano 2000, é provável que 20% do total de espécies que habitam a Terra estejam perdidas para sempre.

Segundo o biólogo americano Paul EHRlich da Universidade Stanford em São Francisco, Califórnia, no seu livro "A Bomba Populacional (1968)", os problemas que estão aí se apresentando tais como: a chuva ácida, o efeito estufa, a Aids, a escassez de alimentos, a destruição da camada de ozônio, a redução da diversidade biológica e das florestas tropicais eram esperados. E tudo isso, graças ao aumento populacional e ao crescimento industrial.

Em recente reportagem publicada pela revista SUPER INTERESSANTE em maio/1993, a questão da superpopulação veio novamente a tona.

Segundo a reportagem, hoje, constata-se que a humanidade gastou dezenas de milhares de anos para ganhar seu primeiro bilhão de habitantes. Fato que ocorreu por volta de 1800. No entanto, para a humanidade vir a ganhar o seu segundo bilhão, foram necessários apenas mais 130 anos, de tal modo que, em 1930, dois bilhões de habitantes espalhavam-se pelos quatro cantos da Terra. E o próximo passo se deu em tempo ainda menor 30 anos e assim por diante.

Na década de 90 o crescimento entra na sua fase mais intensa, quando bastam 11 anos para "produzir" 1 bilhão de pessoas. Sabe-se, hoje, que nascem três novos habitantes no mundo a cada segundo, e se perde 1 hectare de solo fértil a cada 8 segundos devido à expansão humana. Se nada for feito para contê-lo, o ritmo explosivo deverá prosseguir até a metade do próximo século.

Conforme pesquisas publicadas pela revista VEJA em junho/1992, as emissões de dióxido de carbono vão duplicar nos pró-

ximos 30 anos, se a população continuar a crescer ao ritmo atual. No ano 2025, os países subdesenvolvidos, que hoje respondem por 30% das emissões de CO₂ na atmosfera, estarão lançando 64% do total de Dióxido de Carbono (CO₂).

E, segundo afirmação do biólogo e pesquisador Jacques-Ives COUSTEAU, durante a sua participação na ECO 92, no Rio de Janeiro, " não há mais tempo para teorias. Não existe, pelo menos neste planeta, sistema econômico, por mais eficiente, capaz de garantir uma vida decente a uma população que cresce uma China por década" (Revista VEJA, junho/1992).

Para melhor exemplificar esses dados, apresentamos na tabela 1.1 a estimativa da evolução populacional, entre a década de 1950 a 1990, e a expectativa desta evolução até o ano 2050, em bilhões de habitantes.

Tabela 1.1 - Estimativa populacional do planeta Terra.

ANO (*)	NUMERO DE HABITANTES EM BILHOES
1950	2.5
1990	5.3
2000	6.4
2025	8.5
2050	10.0

(*) Fonte: Revista VEJA, Editora Abril, 17 de junho de 1992, pp 40 - 43.

E, numa tentativa de acompanhar tal crescimento populacional, a indústria investe na produção de alimentos e de bens de consumo, que, de uma forma ou de outra, terminam por se transformar, na sua grande maioria, em resíduos sólidos (LIXO) nos cen-

tros urbanos. Surge, então, uma questão preocupante: o que fazer com esses resíduos?

Sabe-se que, diariamente, grandes volumes de lixo são produzidos nos grandes centros, gerando montanhas e montanhas de detritos, que são lançados comumente em "lixões" urbanos oficiais ou clandestinos.

A dinâmica de crescimento dos grandes centros urbanos, inviabiliza a construção de aterros sanitários próximos dessas metrópoles. Surgem, então, propostas as mais variadas possíveis. Segundo o THE EARTH.WORKS GROUP (1989), a Guiné-Bissau possuía um acordo um tanto quanto estranho com indústrias ocidentais. Nesse acordo, a Guiné-Bissau assumia o compromisso de receber anualmente 3.5 milhões de toneladas de lixo industrial pela quantia de 40 dólares a tonelada. Tais acordos devem ser repudiados, pois, se assim não for, estaremos "cobrindo um santo para descobrir outro". A destinação final dos resíduos sólidos deve ser uma preocupação dos seus produtores e não uma dor de cabeça para países subdesenvolvidos, carentes de recursos técnicos e econômicos, sujeitos ao poderio econômico dos países ricos do primeiro mundo.

Na verdade, a falta de educação e de uma política governamental que encare esses problemas de forma mais enérgica agravam dia-a-dia todos esses problemas. E o que se vê são abusos e negligências praticados contra o meio ambiente por uma população, na grande maioria das vezes, desinformada quanto ao uso e manuseio de certos produtos e de seus resíduos, cabendo a ela (população) quase sempre, a forma de dispor e dar destino a seus resíduos.

Para melhor exemplificar o colocado no parágrafo anterior, trazemos o caso do solvente para tintas. É sabido que três litros deste produto podem contaminar, segundo o THE EARTH.WORKS GROUP (1989), até 60 milhões de litros de água subterrânea e, mesmo as-

sim, as autoridades competentes não instruem, nem regulamentam leis que trate desse assunto, ficando a população a mercê dos efeitos nocivos que este contaminante pode trazer a sua saúde.

A preservação da qualidade dessa água subterrânea é de suma importância, pois dela dependem quase 60% da população mundial. E, enquanto as autoridades não tomam interesse por estas questões, vazamentos de fossas sanitárias, agrotóxicos e resíduos químicos vão abreviando a utilidade dessas fontes, ainda, potáveis.

A questão dos resíduos sólidos urbanos é universal. Os governos possuem problemas idênticos, o que pode variar são os aspectos técnicos e econômicos de cada região. Veja-se, por exemplo, os resultados obtidos pelo professor de arqueologia RATHJE (1991), na Universidade do Arizona em Tucson, no seu trabalho intitulado "ONCE AND FUTURE LANDFILLS, 1991". Esse estudo foi realizado no maior depósito de lixo do planeta em Fresh Kills, situado em Staten Island, a 22 quilômetros de Manhattan, ocupando uma área de mais de 1200 ha. Esse depósito, criado sobre um pântano salobro, em 1948, recebe, diariamente, 17.000 toneladas de resíduos sólidos vindos de New York (uma cidade de um país de primeiro mundo), seis dias por semana. Calcula-se que, hoje, aí estão depositados 68 milhões de metros cúbicos de lixo, ou seja, mais de 25 vezes o volume da grande pirâmide de Giza, sem que sejam utilizados quaisquer métodos de controle de poluição. Conclui o estudo que a decomposição da matéria orgânica, nesse depósito, é muito lenta, comprovando, com isso, que a natureza não tem condições de, por si só, absorver todos esses resíduos.

Durante as experiências desenvolvidas em Fresh Kill, foram retiradas desse depósito alface, milho, bolinho e hot-dogs enterrados em 1964, 1971, 1984 e 1974, respectivamente, quase sem nenhuma decomposição. Folhas de jornais de 1973 ainda se mostravam

legíveis, bifes mantendo sua gordura, mesmo depois de 15 anos de enterrados nesse depósito... Tudo isto comprova que a natureza não suportará tamanhas agressões por muito tempo. Caso persista este quadro de total descaso, poderemos deixar de herança para os nossos netos, bisnetos e arqueólogos do futuro, uma imensa lixeira, geradora dos mais diversos tipos de doenças e fonte de incontáveis contaminações ao meio ambiente, pois o pior desses lixões não é o que entra neles, mas sim o que sai deles.

Novamente voltamos à questão educacional. Se a população fosse adequadamente instruída, muito se poderia fazer para amenizar esse quadro. O simples ato de comprar e melhor aproveitar um determinado produto já reduziria em muito os transtornos ao meio ambiente. Senão vejamos: se, ao invés de usarmos os sacos plásticos do supermercado, levássemos às compras sacolas que pudessem ser reaproveitadas, não estaríamos contribuindo para o aumento de resíduos plásticos; se, ao invés de jogarmos fora as cascas de certas frutas, reaproveitássemos-las em forma de sucos, doces, etc, certamente estaríamos reduzindo o volume de resíduos orgânicos; se, ao invés de usássemos fraldas descartáveis que consomem mais de 1 bilhão de árvores por ano e que precisam de mais de 500 anos para se decompor, usássemos fraldas de pano, que em média são reutilizáveis 100 vezes e decompõe-se num período de seis meses, certamente estaríamos dando uma contribuição muito importante no tocante à redução da produção dos resíduos sólidos urbanos. Se, aliado a esses exemplos, tivéssemos dois tipos de recipientes para acondicionar o lixo doméstico, um para os resíduos orgânicos (papéis, cascas de frutas, cascas de verduras, restos de comidas, ...) e outro para os resíduos inorgânicos (vidros, latas, embalagens plásticas, ...), não só o trabalho de coleta e destinação final seriam mais fáceis, como, indubitavelmente, a natureza e a qualidade de vida na Terra iriam agradecer.

Aos problemas citados, adiciona-se o caso dos resíduos hospitalares, que, aqui no Brasil, segundo PEREIRA NETO (1992b), no seu trabalho intitulado "Alguns aspectos sobre o estado da arte do gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil", se agrava, vez que o pessoal designado para manusear o lixo patogênico não possui a mínima formação ou qualificação para a tarefa que exerce; que a coleta interna geralmente não é diferenciada, fazendo com que o lixo patogênico seja coletado juntamente com o lixo comum; que o acondicionamento tem sido feito de forma incorreta, em sacos de lixo comuns, com transporte interno feito sem o auxílio de carrinhos coletores apropriados; que falhas nos projetos arquitetônicos não permitem que o lixo patogênico tenha circulação e acesso próprio; que o lixo patogênico, de modo geral, não recebe nenhuma forma de tratamento antes de ser descartado, ficando estocado em locais inapropriados dentro das unidades de saúde, ou, na maioria das vezes, nas calçadas, aguardando a coleta municipal comum; e que a forma de destino final que tem sido, quase generalizadamente, feita é o despejo a céu aberto, juntamente com lixo domiciliar urbano, agravando mais ainda o aspecto de acondicionamento, coleta e destinação final desses resíduos no meio ambiente.

Para reforçar as palavras do professor e pesquisador PEREIRA NETO (1992b), as pessoas que estão a frente dos órgãos de vigilância sanitária, quase sempre usam do expediente da queima dos medicamentos adulterados em áreas abertas, sem qualquer controle ambiental, o que demonstra o quanto é baixo o nível de preocupação ecológica desses técnicos (TELEJORNAL, JPB, Campina Grande, Pb, 23/junho/1993).

O que se expôs até aqui reforça a necessidade de serem desenvolvidas ações regeneradoras e preventivas a favor do meio ambiente, pois, afinal de contas, ainda podemos sair de casa sem

disarmos no lixo que estamos produzindo, respirarmos o ar que nos rodeia, ou mesmo consumir os produtos que vêm da natureza, ainda sem grandes níveis de contaminação. Mas até quando poderemos conviver com rios transformados em verdadeiros esgotos a céu aberto, com solos exauridos, ar contaminado com metais pesados e fuligens, e áreas inteiras transformadas em lixeiras geradoras dos mais diversos tipos de doenças e condições subhumanas?... Até quando?!!!.

1.3 - ASPECTOS GERAIS SOBRE O SANEAMENTO BASICO NO BRASIL

O saneamento básico no Brasil, segundo vários pesquisadores (PEREIRA NETO, J.T.; NOBREGA, C.C.; LADISLAU DE ANDRADE, J.B.; MANSUR, G. L., para citar alguns), constitui-se numa das áreas mais carentes e, dentro dessa área o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, certamente, é o mais sacrificado.

Para compreendermos melhor esta situação vamos voltar às origens. Segundo LADISLAU DE ANDRADE (1989), o primeiro serviço sistemático de limpeza urbana no país foi oficializado em 25 de novembro de 1880, através da assinatura do Decreto número 3.024, pelo Imperador D. Pedro II, na cidade de São Sebastião do Rio de Janeiro, então capital do Império. Inicialmente o serviço de limpeza urbana ficou sob a responsabilidade de Aleixo Gary e, posteriormente, do seu sucessor Luciano Francisco Gary o que originou a denominação "GARI" , para os operários da limpeza urbana de hoje .

Dessa época até os dias atuais, muitas mudanças ocorreram nos hábitos e necessidades da população brasileira. Sabe-se que, a partir da década de 50, devido ao crescimento industrial, os problemas com os resíduos sólidos urbanos começaram a aumentar. Hoje, o país possui uma característica tipicamente urbana, com

grandes centros concentradores de pessoas, com crescimento médio anual acima de 5,0%. Assim sendo, de uma população total de mais de 146 milhões de habitantes, mais de 110 milhões de pessoas, ou seja, mais de 75% da população nacional reside em áreas metropolitanas (Anuário Estatístico do Brasil - IBGE, 1992). E são justamente essas pessoas as maiores responsáveis pela parcela de resíduos sólidos produzidos (PEREIRA NETO, 1992b).

Segundo PEREIRA NETO, na pesquisa sobre " Alguns Aspectos Sobre o Estado da Arte do Gerenciamento dos Resíduos Sólidos no Brasil (1992)", na década de 70, a produção média de lixo no Brasil atingia valores em torno de 0,72 kg/hab/dia, estimando-se para a virada do século uma produção média de 0,85 kg/hab/dia. No entanto, hoje, algumas cidades brasileiras já atingem índices superiores a 1,0 kg/hab/dia.

Como se pode observar, a destinação final dos resíduos sólidos é um problema crescente, que deve ser resolvido, sob pena de nos depararmos, dentre outras coisas, com o ressurgimento de doenças já erradicadas, tais como: malária, leptospirose, febre amarela, dengue, cólera, o que já vem acontecendo, conforme registros do Anuário Estatístico do IBGE (IBGE, 1992).

Alguns técnicos brasileiros (PEREIRA NETO, J.T., CAMPOS, H.K.T., CASTRO NETO, P.P. e a ABES) estimam um atraso de, pelo menos, 20 anos com relação às ações necessárias na área de saneamento básico, mais precisamente no setor de gerenciamento de resíduos sólidos, tendo como principais responsáveis os seguintes aspectos:

- 1) falta de uma política realística para o setor;
- 2) falta de conscientização política dos governantes municipais;
- 3) falta de investimentos na educação, que gere recursos humanos com capacitação tecnológica compatível com a região e,

4) falta de um desenvolvimento institucional.

Para enriquecer mais ainda estas denúncias, dados estatísticos fornecidos pelo IBGE (1992), mostram que o volume de esgoto coletado, por dia, no Brasil é da ordem de 10.667.823 (dez milhões, seiscentos e sessenta e sete mil, oitocentos e vinte e três) metros cúbicos, sendo que, deste volume, apenas 2.124.925 (dois milhões, cento e vinte e quatro mil, novecentos e vinte e cinco) metros cúbicos 19,92% do total coletado recebem tratamento, ou seja, 80,08% são lançados nos corpos receptores sem qualquer tratamento. Tal comportamento pode ocasionar uma série de perturbações físicas que, conseqüentemente, modificarão as condições iniciais do meio, verificadas na forma de aumento de turbidez, na formação de bancos de lodo ou de sedimentos inertes, nas variações do gradiente de temperatura, entre outras coisas (LIMA, 1991). Contudo, é no sistema de limpeza pública que se concentram os maiores problemas sanitários. O acondicionamento, a coleta, o transporte e a destinação final dos resíduos urbanos, principalmente nos pequenos municípios, são realmente os mais deficientes dentro da área do saneamento básico.

Segundo os engenheiros PENIDO MONTEIRO & MANSUR (1987), a maioria das prefeituras limita-se apenas a varrer os principais logradouros públicos e a recolher o lixo domiciliar, de forma nem sempre regular, das áreas comerciais e residenciais de maior poder aquisitivo, vazando-o em locais afastados da vista da população, sem maiores cuidados sanitários, provocando sérios problemas para a comunidade, a saber:

1) assoreamento de rios, valas e canais, em virtude do lançamento de detritos nestes locais, com o conseqüente comprometimento da drenagem;

2) contaminação de lençóis de água;

3) poluição da atmosfera, causada por incêndios e despreen-

dimentos de gases com maus odores:

4) proliferação de vetores transmissores de doenças, tais como moscas, baratas, ratos, cachorros, gatos, aves e, infelizmente, o próprio homem;

5) desperdício, quase sempre, de áreas produtivas.

Para maiores esclarecimento sobre o quadro de abandono em que se encontra o saneamento no país, apresentamos a tabela 1.2, na qual estão contidos os dados do último censo promovido pelo IBGE (1992) com relação à forma de destinação final dos resíduos sólidos domiciliares.

Tabela 1.2 - Valores quantitativos de domicílios e suas formas de destinação final.

FORMAS DE DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES				
TOTAL DE DOMICÍLIOS	COLETADO	QUEIMADO OU ENTERRADO	EM TERRENO BALDIOS	OUTROS
35.578.857	22.943.022	5.002.093	7.630.902	2.840

(*)Fonte : Anuário Estatístico do Brasil. IBGE.1992.

Se desejássemos saber a produção diária de resíduos sólidos urbanos produzidos no país, bastaria tomarmos os seguintes dados:

-população urbana no Brasil = 110.000.000 habitantes

(IBGE,1992).

-produção média no Brasil de resíduos sólidos por habitante por dia = 0,72 kg/hab/dia (PEREIRA NETO, 1992b).

Em seguida, bastaria multiplicarmos um pelo outro, obtendo

o seguinte dado:

Produção diária de lixo/hab no Brasil =79.2 mil Toneladas.

No entanto, o professor e pesquisador Pereira Neto, estimava valores em torno de 90 mil toneladas, no seu trabalho intitulado " Alguns Aspectos Sobre o Estado da Arte do Gerenciamento dos Resíduos Sólidos no Brasil.1992, mostrando que as expectativas já estão sendo superadas, ou seja, já estamos com uma produção média diária de lixo em torno de 0,85 kg/hab. Isso, então, muda o valor acima de 79.2 mil toneladas para 93,5 mil toneladas diárias de resíduos sólidos produzidos nas áreas urbanas dos municípios brasileiros. E, com referência, ainda, ao trabalho de Pereira Neto, do total das 90 mil toneladas diárias de resíduos sólidos produzidos no país, apenas 48% são coletados, ficando o restante como poluição para o meio ambiente. Sabe-se que, do total coletado, apenas 6,3% são tratados em usinas de compostagem, 1,2% são queimados em incineradores. 28% são destinados a aterros sanitários e controlados, e que 64,5% são despejados em vazadouros a céu aberto.

Para representar melhor estes dados, apresentamos a Tabela 1.3, que expressa os valores quantitativos dos resíduos sólidos urbanos produzidos no Brasil e suas formas de destinação.

Tabela 1.3 - Valores quantitativos dos resíduos sólidos urbanos produzidos no Brasil e suas formas de destinação final.

QUANTIDADE DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS PRODUZIDOS DIARIAMENTE NO BRASIL - 90.000 TONELADAS				
COLETADOS	TRATADO EM USINAS DE COMPOSTAGEM	INCINERADOS	ATERROS SANITÁRIOS E CONTROLADOS	VAZADOUROS ABERTOS
43.200	2.721,6	518,4	12.096	27.864

Fonte : PEREIRA NETO (1992b).

Isso vem a comprovar a situação de completo abandono vigente no gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no país. Nessa falta de gerenciamento, o sistema de acondicionamento de resíduos sólidos urbanos fica por conta da população, que, por sua vez, usa os mais diversos e as mais variadas formas e tipos de recipientes para esta finalidade, dificultando e encarecendo, assim, o trabalho de coleta dos municípios, devido principalmente à inobservância dos princípios ergonômicos desses recipientes e de seus locais de espera. Para melhor ilustrar estas afirmações, são apresentadas as figuras 01 até 09, nas quais se pode observar as diversas formas de acondicionamento, que a população utiliza. Sacos plásticos, caixotes de madeira, tonéis de borracha de pneus

de caminhão, sacos de nylon, caixas de papelão, tonéis metálicos, meio tonel e formas de apoios dos resíduos as mais variadas possíveis, as quais como se pode observar, pelas figuras, não possuem nenhuma especificação técnica, ou mesmo legislação vigente nas municipalidades, em sua grande maioria, que regulamente tais atos.

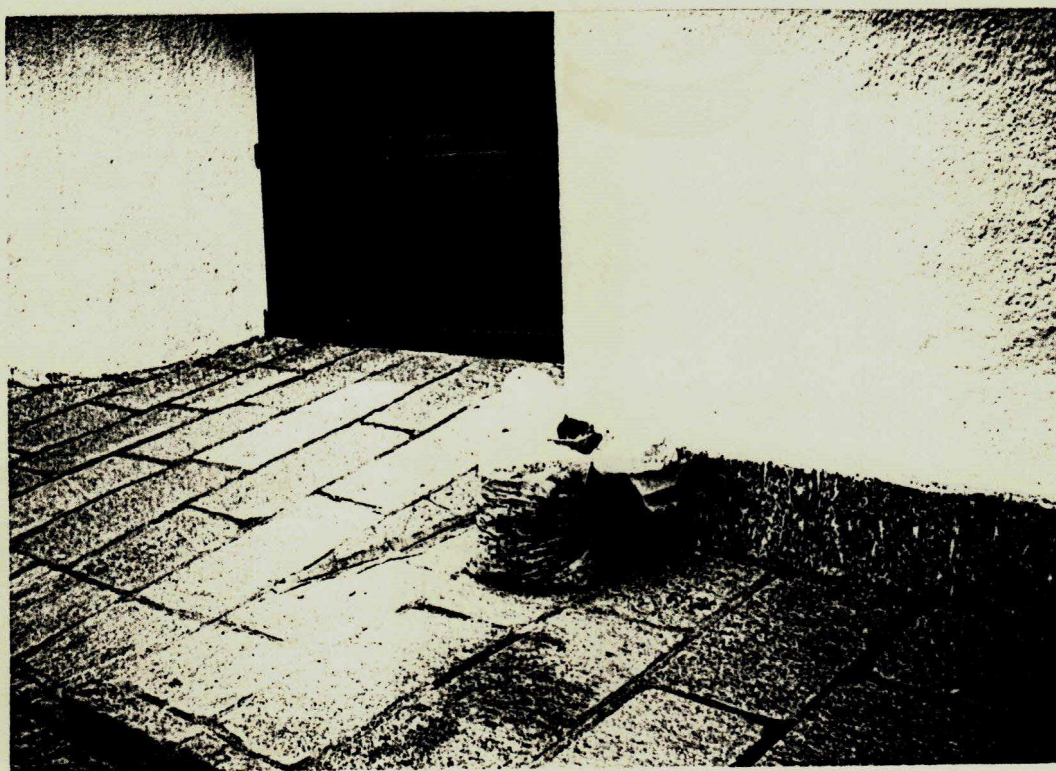


FIGURA 1.1 - Formas de acondicionamento dos resíduos sólidos urbanos.



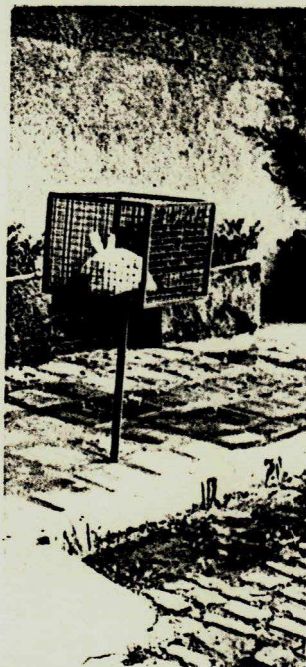
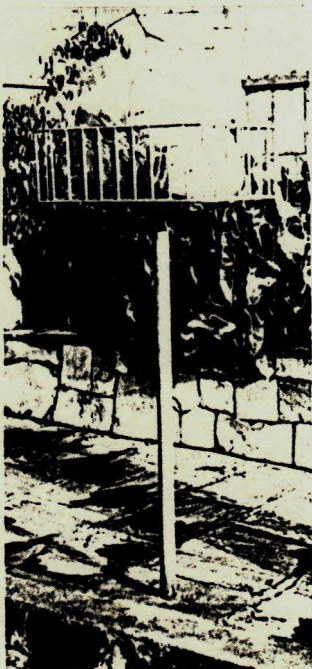
FIGURA 1.2 - Formas de acondicionamento dos resíduos sólidos urbanos.



FIGURA 1.3 - Formas de acondicionamento dos resíduos sólidos urbanos.



FIGURAS 1.4 e 1.5 - Formas de acondicionamento dos resíduos sólidos urbanos.



FIGURAS 1.6.1.7 e 1.8 - Apoios para os recipientes de resíduos sólidos urbanos confeccionados pela população sem nenhum cuidado ergonômico.



FIGURA 1.9 - Forma de acondicionamento dos resíduos sólidos urbanos.

Outro ponto que agrava a coleta e o transporte dos resíduos sólidos urbanos é a falta de recursos técnicos e financeiros, pelas Prefeituras Municipais, para aquisição e manutenção de caminhões coletores, que muitas vezes levam tais sistemas a escolher tecnologias inadequadas aos padrões de determinadas cidades, acarretando sérios prejuízos para as administrações municipais. E, conforme PEREIRA NETO (1992d), calcula-se que 53% desses serviços de coleta e transporte dos resíduos urbanos, no país, estejam sob a responsabilidade das Prefeituras, que os realizam através de suas Secretarias de Serviços Urbanos; 33%, através de empresas contratadas e 14%, por meio de um sistema misto entre prefeituras e empresas contratadas.

No entanto, essa realidade poderia ser amenizada, ou até mesmo mudada, se, além da participação das prefeituras e empresas contratadas, a população desse sua efetiva contribuição, alterando a forma de destinação final dos seus próprios resíduos só

lidos. Se cada residência, comércio ou indústria realizasse a chamada "coleta seletiva", os custos dos serviços de coleta teriam sensíveis reduções, principalmente pela alteração da frequência com que os resíduos sólidos passariam a ser coletados, como também, pela redução na frota de caminhões especiais empregados em tais funções (PEIXOTO, 1988).

Há, basicamente, dois procedimentos para a realização da coleta seletiva: acondicionamento, em recipientes específicos, dos diversos materiais a serem coletados, tais como: vidros, plásticos, latas e materiais passíveis de decomposição. Esse tipo de coleta necessita de maior participação da comunidade, contudo, reduz os custos de coleta e destinação final desses resíduos sólidos: - adoção de dois tipos de recipientes, um, destinado aos resíduos sólidos orgânicos (cascas de frutas e verduras, restos de comida, cascas de ovos, papéis) e outro, destinado aos resíduos sólidos inorgânicos (vidros, plásticos, latas). Esta forma é um pouco mais onerosa devido à necessidade de executar o transbordo dos materiais, para que sejam separados por tipo, antes do envio às unidades compradoras (PEIXOTO, 1988).

Entretanto, ambas as formas certamente contribuiriam para a melhoria da qualidade do meio ambiente, por reduzir, entre outros fatores já citados, o uso de aterros sanitários.

Espera-se, um dia, com o apoio de campanhas educativas e uma política séria para esse setor, que tais procedimentos sejam absorvidos pela população, mostrando que os desperdícios de materiais passíveis de recuperação e as agressões ao meio ambiente não podem ser mais toleradas. Não se pode mais admitir que num país tão carente como o nosso se estrague tanto. Sabe-se, segundo PEREIRA NETO (1992b), que, em torno de, 53% do lixo brasileiro é composto de matéria orgânica passível de ser transformada em adubo para as mais diversas atividades, tais como: contenção de en-

costas, recuperação de solos exauridos, combate a erosão, drenagem de terrenos, fornecimento de alguns nutrientes principais, prevenção do nitrogênio orgânico entre outras aplicações (MANSUR & PENIDO MONTEIRO, 1980; LIMA, 1991) contribuindo com isso, com a redução do volume nos locais de destinação e tratamento do lixo, pois entendemos que o lixo, por ser inesgotável, não nos deixa muitas opções - ou tratamos dele ou vivemos com ele até o dia que nos for permitido.

1.3.1 - O SANEAMENTO BASICO NA PARAIBA

O Estado da Paraíba situa-se na parte Oriental do Nordeste brasileiro, entre os meridianos 34º 45' 54" e 38º 45' 45" de longitude Oeste e entre os paralelos 6º 02' 12" e 8º 19' 18" de latitude Sul. Limita-se ao Norte com o Estado do Rio Grande do Norte; ao Sul com o Estado de Pernambuco; ao Leste com o oceano Atlântico e ao Oeste com o Estado do Ceará. A sua forma é alongada na direção Leste-Oeste, apresentando duas grandes saliências: a primeira, a Noroeste, na região de Catolé do Rocha e a segunda, no Centro Sul, no platô do Cariri. Apresenta, ainda, duas reentrâncias em forma de cintura, localizadas nas extremidades do meridiano de Patos, ficando evidenciado, ao Norte, pelas bacias dos rios Seridó e Espinharas, direcionando para o rio Piranhas, em território do Rio Grande do Norte e, ao Sul, no Estado de Pernambuco, pelo vale do Pajeú (FONSECA, 1989).

O Estado da Paraíba é constituído de 171 (cento e setenta e um) municípios, distribuídos numa área de 53.958,2 km² (cinquenta e três mil, novecentos e cinquenta e oito vírgula dois quilômetros quadrados), divididos em 04 (quatro) mesorregiões a seguir discriminadas:

1 - MESORREGIAO DO SERTAO PARAIBANO, subdividida em 07 (sete) microrregiões a saber:

1.1 - microrregião de Catolé do Rocha (contendo 09 (nove) municípios);

1.2 - microrregião de Cajazeiras (contendo 11(onze) municípios);

1.3 - microrregião de Souza (contendo 10(dez) municípios);

1.4 - microrregião de Patos (contendo 08(oito) municípios);

1.5 - microrregião de Piancó (contendo 09(nove) municípios);

1.6 - microrregião de Itaporanga (contendo 10 (dez) municípios);

1.7 - microrregião da Serra de Teixeira (contendo 08 (oito) municípios);

2 - MESORREGIAO DA BORBOREMA, subdividida em 04 (quatro) microrregiões a saber:

2.1 - microrregião do Seridó Ocidental Paraibano (contendo 06 (seis) municípios);

2.2 - microrregião do Seridó Oriental Paraibano (contendo 07 (sete) municípios);

2.3 - microrregião do Cariri Ocidental (contendo 12 (doze) municípios);

2.4 - microrregião do Cariri Oriental (contendo 05 (cinco) municípios);

3 - MESORREGIAO DO AGRESTE PARAIBANO, subdivida em 08(oito) microrregiões a saber:

3.1 - microrregião do Curimataú Ocidental (contendo 08 (oito) municípios):

3.2 - microrregião do Curimataú Ocidental (contendo 05 (cinco) municípios):

3.3 - microrregião de Esperança (contendo 04 (quatro) municípios):

3.4 - microrregião do Brejo Paraibano (contendo 07 (sete) municípios):

3.5 - microrregião de Guarabira (contendo 12 (doze) municípios):

3.6 - microrregião de Campina Grande (contendo com 07 (sete) municípios):

3.7 - microrregião de Itabaiana (contendo 08 (oito) municípios):

3.8 - microrregião de Umbuzeiro (contendo 03 (três) municípios):

4 - MESORREGIÃO DA MATA PARAIBANA, subdividida em 04 (quatro) microrregiões a saber:

4.1 - microrregião do Litoral Norte (contendo 06 (seis) municípios):

4.2 - microrregião de Sapé (contendo 06 (seis) municípios):

4.3 - microrregião de João Pessoa (contendo 06 (seis) municípios):

4.4 - microrregião do Litoral Sul (contendo 04 (quatro) municípios).

O Estado da Paraíba possui vegetação e recursos florísticos predominantemente de savana estóica nordestina (caatinga), que constituem um tipo de vegetação estacional-decidual, portanto com

estratos arbóreo e gramíneo-lenhoso periódicos e com numerosas plantas suculentas, sobretudo cactáceas, com árvores baixas, raquíticas, de tronco delgados e com esgalhamento profuso, situado na sua quase totalidade nas serras e planaltos da borborema, com altimetria variando de 200 a 300 metros, chegando a ultrapassar em alguns locais a cota de 1.000 metros.

O solo encontrado na região são dos tipos: horizonte B textural e solos pouco desenvolvidos, com potencialidade agrícola que varia do regular a boa, passando pelo restrita e desfavorável, regular, com predominância de áreas atualmente desaconselháveis à utilização agrícola, devido a limitações muito fortes de solo e/ou topografia.

Segundo o IBGE (1992), o Estado da Paraíba possui uma população residente de 3.200.677 (três milhões, duzentos mil, seiscentos e setenta e sete) habitantes. No entanto, cerca de 91,22% das cidades paraibanas, possuem até 31.000 (trinta e um mil) habitantes, mostrando que o Estado é composto de pequenas cidades.

Mas, mesmo sendo o Estado constituído de pequenas cidades, com variáveis menores a serem controladas, os problemas sanitários seguem a tendência nacional de caos e falência desse setor.

A maioria das Prefeituras Municipais não possuem órgãos ou Departamentos responsáveis pelos gerenciamentos do saneamento básico. Vivem quase sem recursos técnicos e financeiros, com redes de abastecimento de água e esgotos deficientes e, na sua grande maioria, com preocupações apenas de varrições de logradouros públicos, com posterior vazamento em margens de estradas, terrenos baldios ou outras formas de destinação final inadequadas do ponto de vista sanitário e ecológico.

Nas grandes cidades deste Estado, como por exemplo João Pessoa e Campina Grande, o quadro subhumano gerado pela crise financeira e pela falta de vontade política empurra inúmeras fami-

lias, não só dessas cidades, mas de cidades circunvizinhas a conviverem nos "lixões urbanos", em busca de sustento. Em recente reportagem, publicada no Jornal Correio da Paraíba datado de 04 de abril de 1993, intitulada "A NOSSA SOMALIA", fica claro o quadro de abandono e descaso das autoridades competentes para com o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos. Nessa reportagem são mostradas as fotos e o dia-a-dia de 300 famílias que brigam com porcos, urubus, vacas, cachorros e máquinas durante todo o dia, entrando pela noite e só parando pela madrugada, por volta das quatro horas da manhã, no "LIXÃO DO ROGER", em busca de alimentos e/ou materiais recicláveis passíveis de comercialização.

Nessa busca, desumana, por sobrevivência essas famílias convivem diariamente com toda a sorte de materiais patogênicos, provenientes de hospitais e resíduos tóxicos depositados por indústrias locais.

No lixão do Roger (cidade de João Pessoa-Paraíba), por exemplo, uma pequena parte do lixo hospitalar é enterrado em valas rasas, ficando a sua grande maioria disposta a céu aberto em áreas de mangues circunvizinhas ao "lixão" (JORNAL CORREIO DA PARAÍBA, 10/março/1993).

No entanto, tal procedimento de lançar resíduos hospitalares a céu aberto, em áreas afastadas e terrenos baldios, não é só privilégio da cidade de João Pessoa, mas prática comum da maioria das cidades brasileiras. Vejam o caso desse flagrante registrado numa visita técnica realizada à cidade de Natal, capital do Estado do Rio Grande do Norte. FIGURA 10.

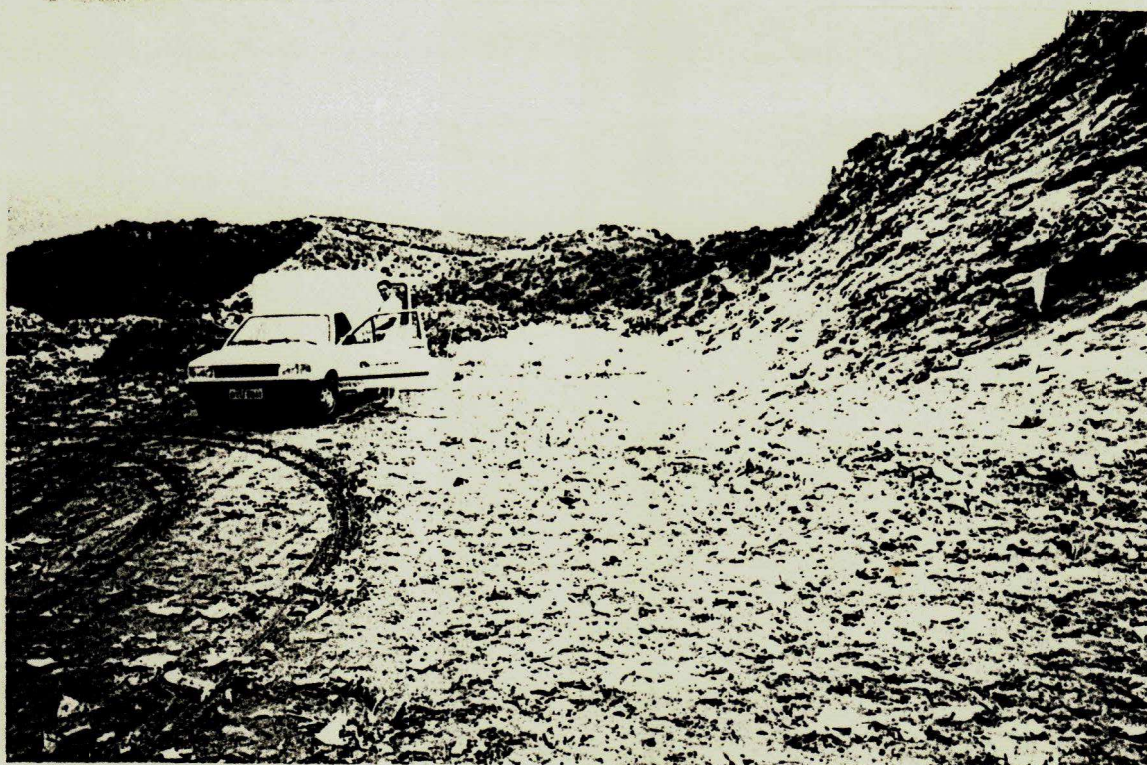


FIGURA 1.10 - Forma inadequada de destinação final de resíduos sólidos hospitalares - descarga a céu aberto.

Tais fatos demonstram a necessidade da implantação de políticas sérias para este setor, como, por exemplo, a instalação de usinas de reciclagem e compostagem de resíduos sólidos urbanos.

Nessas usinas, a matéria orgânica, fonte de alimento de vetores transmissores de doenças nos lixões, seria transformada, nessas unidades de tratamento, em adubo, pelo processo de compostagem, indo para a agricultura, plantio de mudas e jardins, contenção de encostas, e a parte inorgânica, presente no lixo, separada comercialmente para reciclagem em fábricas da região.

Atitudes como esta certamente ajudariam muito a amenizar os problemas sociais e sanitários causados por essa bola de neve crescente (LIXO) no dia-a-dia de nossas cidades. E é justamente pensando em dar uma colaboração à área de saneamento básico, precisamente na parte de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, que se desenvolve este trabalho. Nele, é proposto um projeto, de baixo custo, de usinas de reciclagem e compostagem de resíduos

sólidos urbanos a serem implantadas no Estado da Paraíba, bem como o projeto e concepção de um triturador de resíduos sólidos urbanos, a ser confeccionado por indústria regional, que atenda aos requisitos de baixo custo de aquisição, manutenção e eficiência esperados.

1.4 - CONCLUSÃO

Com relação aos efeitos da poluição no mundo, pode-se dizer que:

a) As necessidades humanas, aliadas ao crescimento industrial e o aumento populacional, tem levado o planeta a passar sérios problemas de ordem ecológica e social, refletindo-se, diretamente, na qualidade de vida, a qual é reduzida por fatores tais como:

1) **perda da camada de ozônio**, através do uso de gases tipo clorofluorcarbonos, queimadas e o uso, indiscriminado, de combustíveis fósseis;

2) **perda de cobertura verde**, ocasionando, entre outras coisas, o processo de desertificação mundial;

3) **contaminação de rios e mares** por derramamento de produtos químicos, óleos e, por falta de saneamento básico, que transforma rios em esgostos a céu aberto, reduzindo a potabilidade da pequena parcela disponível, de água, a nossa sobrevivência;

4) **contaminação do ar** por poluentes químicos, fumaças e emissões radioativas;

5) **contaminação de solos** por disposição, inadequada, de resíduos sólidos urbanos e industriais, forçando o homem a desenvolver métodos, que recicle ao máximo os resíduos, por ele produzido;

6) **crescimento populacional assustador**, que realimenta todas essas perdas já enumeradas.

Diante desse quadro preocupante, se faz necessário medidas

mais energicas e responsáveis. quanto ao uso e fabricação de certos produtos, pois a natureza, por si só, já não mais consegue, em muitos casos, absorver tamanhas agressões.

b) O saneamento básico no Brasil, se constitui numa das áreas mais carentes, sendo o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos o mais sacrificado.

Os principais pontos, responsáveis por tamanho descaso se devem a:

1) falta de política realística para o setor.

2) falta de conscientização política dos governantes municipais.

3) falta de investimentos na educação, que gere recursos humanos com capacitação tecnológica compatível com a região e,

4) falta de um desenvolvimento institucional.

c) O saneamento na Paraíba, segue a tendência nacional de abandono, sendo, principalmente, o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, operados de maneira irresponsável, sem obedecer, quase sempre, a nenhum critério técnico de ordem sanitário.

CAPITULO II

2.0 - REVISAO BIBLIOGRAFICA, SEGUNDO LIMA(1991) E OUTROS AUTORES, SOBRE SISTEMAS DE RECICLAGEM E COMPOSTAGEM DE LIXO URBANO.

2.1 - INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentados alguns sistemas de reciclagem e compostagem de resíduos sólidos urbanos e orgânicos existentes no Brasil e no mundo.

Será, também, apresentado, de maneira rápida, a evolução desses sistemas de reciclagem e compostagem de resíduos sólidos urbanos e orgânicos, mostrando o processo de compostagem, sua classificação e os parâmetros que influenciam no processo.

2.2 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

O crescimento industrial associado ao aumento populacional gera um problema crescente no mundo... a poluição do meio ambiente e a escassez dos recursos naturais.

Rios, mares, oceanos, o ar, o solo, são contaminados por rejeitos resultantes das nossas atividades diárias em sociedade.

Matas e florestas são derrubadas em nome do progresso e do aumento da produção de alimentos, para uma população que cresce em níveis assustadores. Tudo isso tem levado pesquisadores em várias partes do mundo a buscarem soluções que possam atenuar tais agressões.

{ Essa escassez de recursos naturais força o homem a pensar mais seriamente em reaproveitar e desperdiciar menos as suas so-

bras diárias.

A preocupação em consumir menos energia, recuperar matérias primas e obter novos produtos a partir de objetos e materiais, que antes eram jogados fora... criou um "novo" conceito na sociedade mundial intitulada "reciclagem e compostagem de lixo urbano".

Apesar desse tema estar em evidência, a preocupação com a reciclagem e principalmente com a compostagem de resíduos sólidos urbanos, já datam de muitos anos atrás.

E de conhecimento, que desde a antigüidade os orientais já faziam uso intensivo de compostos orgânicos na produção de cereais (LIMA, 1991; PEREIRA NETO, 1991a; PEREIRA NETO, 1992b).

As técnicas empregadas na produção do composto eram artesanais e baseavam-se na montagem de leiras ou montes de resíduos orgânicos, que periodicamente eram revirados. Após terminar o processo de fermentação, o composto era incorporado ao solo, procedimento esse, que favorecia o crescimento dos vegetais.

No entanto, apesar desse tema ter voltado aos foros científicos de debate e, que vários trabalhos técnicos terem ressaltado a eficiência desse processo e as vantagens do uso de instalações de reciclagem e compostagem, como solução para o tratamento e reciclagem do lixo urbano. PEREIRA NETO (1989) alerta para o fato de uma "corrida à compostagem". Pois, sabe-se que muitas firmas instaladas no país já confeccionam e vendem usinas destinadas a reciclagem e compostagem de lixo urbano.

Contudo, se tal procedimento não for precedido de um forte respaldo técnico-científico, certamente ocasionará inevitáveis insucessos.

O mais grave disso tudo é que essas usinas, na sua grande maioria, são sistemas mecanizados importados de países de primeiro mundo, com características socio-econômicas bem diferentes da

realidade do Brasil.

Outro agravante, reside no fato do processo de compostagem, aqui no Brasil, ainda ser considerado um processo natural de putrefação e não um processo biológico. Tal procedimento têm gerado produtos inadequados ao uso, podendo constituir-se num alto risco a saúde pública (FEREIRA NETO, 1992e).

O uso dessas usinas como instalações de tratamento de resíduos sólidos urbanos, derivou-se dos processos de compostagem sistematizados inicialmente, na Índia em 1920, pelo inglês sir Albert Howard, denominado processo Indore.

Esse processo consistia basicamente em dispor os resíduos em valas com 1 metro de profundidade, ou em pilhas variando de 1 a 2 metros de altura, formadas de camadas intercaladas de lixo, lodo de esgoto e esterco animal provenientes de estábulos. Toda essa massa era revirada periodicamente e o líquido percolado era borrifado sobre a pilha, com vistas a devolver os nutrientes lixiviados e corrigir o teor de umidade (LIMA, 1991).

A partir daí, muitos seguidores de sir Albert Howard, tais como: Giovanni Beccari, Jean Bordoïn, Van Manhen e tantos outros, procuraram desenvolver métodos que otimizassem o processo de compostagem. Inúmeros processos surgiram, entre eles: o Dumfries, o Windrow, o Dano, o Frazer-Eweson, o Riker, o Jersey, o Earp-Thomas, o Triga, o Kneen, o Prat, o Nusoil e muitos outros.

"O avanço tecnológico associado às mudanças econômicas e sociais ocorridas nas últimas décadas tem contribuído para o aprimoramento e racionalização dos sistemas de produção de composto de resíduos orgânicos. Desta forma, observam-se sensíveis modificações nos atuais sistemas instalados, muitos deles, inclusive, totalmente operados e controlados por computadores" (LIMA, 1991).

2.3 - O PROCESSO DE COMPOSTAGEM

(i) Segundo PEREIRA NETO (1989) a compostagem pode ser definida como sendo " um processo aeróbico controlado, desenvolvido por uma ^{população} ~~colônia~~ de microrganismos, efetuadas em duas fases distintas: a primeira, quando ocorrem as reacões bioquímicas de oxidação mais intensas predominantemente termofilicas, a segunda, ou fase de maturação, quando ocorre o processo de humificação" ou, ainda, como sendo " um dos processos de tratamento de resíduos orgânicos que apresenta maior flexibilidade operacional, combinando baixo custo e alta eficiência em um só sistema. O baixo custo é obtido quando o sistema utiliza equipamentos simples, sendo, porém, capaz de manter os parâmetros do projeto, umidade, oxigenação e temperatura sob controle, sem exigir mão-de-obra intensiva. A alta eficiência, por sua vez, é obtida quando esses parâmetros, sob controle, agem no maior volume possível da massa de compostagem, pelo maior tempo possível do total requerido para estabilizar a matéria orgânica" (PEREIRA NETO, 1992c).

Para LIMA, (1991) a compostagem é definida como sendo " o ato ou ação de transformar os resíduos orgânicos, através de processos físicos, químicos e biológicos, em uma matéria biogênica mais estável e resistente à ação das espécies consumidoras".

Já NOBREGA, (1991) conclui que " a compostagem é um processo biológico de transformação da matéria orgânica em substâncias húmicas, estabilizadas, com propriedades e características completamente diferentes do material inicial".

Estas definições visam distinguir o processo de compostagem da decomposição natural que ocorre na natureza.

Atualmente, as pesquisas comprovam que a compostagem moderna é um processo aeróbio, isto é, que se desenvolve na presença de oxigênio, fornecendo um composto estabilizado, livre de mi-

crorganismos patogênicos, com a não formação de odores desagradáveis e de líquidos percolados agressivos durante o seu tratamento (NOBREGA,1991; ORTH & LINDENBERG,1983).

2.4 - CLASSIFICAÇÃO DO PROCESSO DE COMPOSTAGEM MODERNA

O processo de compostagem moderna pode ser, então, classificado da seguinte maneira:

Classificação da Compostagem Moderna	Quanto à biologia	Aeróbico
	Quanto à temperatura	Mesofílica Termofílica
	Quanto ao ambiente	Aberto
	Quanto ao processamento	Estático/natural Dinâmico/acelerado

No processo aeróbico, a fermentação ocorre na presença de oxigênio (ar), a temperaturas elevadas com despreendimentos de gás carbônico (CO₂) e vapor d'água.

No processo mesofílico, a matéria orgânica é digerida em faixas de temperaturas médias, variando de 8 a 50°C, segundo GÖLUEKE (1977) e, de 15 a 45°C para ALEXANDER (1977). Essa variação ocorre devido ao aumento populacional de microrganismos. Observa-se, também, que durante esse processo a matéria orgânica transforma-se em ácidos orgânicos com uma sensível redução do ^{pH}~~EX~~ do meio (LIMA,1991).

No processo termofílico, a fermentação ocorre em valores superiores a 45°C, sendo a faixa ótima para eliminação de microrganismos patogênicos, durante a compostagem, situada em torno de

55°C (PEREIRA NETO, 1990). No entanto, isso não garante esterilização da massa compostável, pois segundo ARAPOV et alii Apud LIMA (1991), "algumas estirpes de *Clostridium perfringens*, microrganismos anaeróbicos que provocam gangrena gasosa, são resistentes ao calor e quando em choque térmico, expelem toxinas letais". Já KHAUSTOVA Apud LIMA(1991), "verificou em seus estudos que alguns esporos de *Clostridium perfringens* resistem até 800°C. Portanto, o fato do processo de compostagem ter temperatura elevada não reduz, necessariamente, a possibilidade de uma contaminação por bactérias patogênicas".

Nos processos abertos, a compostagem é realizada ao ar livre, em pátios de maturação.

Nos processos estáticos, o revolvimento das leiras em fermentação é realizado esporadicamente durante o processo.

Nos processos dinâmicos, o revolvimento das leiras em digestão é realizado continuamente, promovendo o fluxo de ar e a atividade microbiológica na massa, bem como o controle biológico.

2.5 - FATORES QUE INFLUENCIAM NA COMPOSTAGEM

Como a compostagem de resíduos orgânicos é um processo biológico, muitos fatores podem alterar a eficiência do processo e a qualidade do produto final (composto). Dentre esses fatores pode-se citar: a temperatura, a aeração, o teor de umidade, a concentração de nutrientes, a granulometria e a forma e disposição das leiras no pátio de maturação (LIMA, 1991; PEREIRA NETO, 1992a; NOBREGA, 1991).

2.5.1 - TEMPERATURA

A temperatura é considerado o fator mais indicativo no

processo de compostagem, pois reflete a eficiência do processo.

Segundo NOBREGA Apud PEREIRA NETO (1991), as temperaturas, durante a compostagem, devem ser controladas próximas de 55°C, pois favorecem o desenvolvimento de uma população microbiana variada; um aumento na taxa de oxidação da matéria orgânica; a eliminação de sementes de ervas daninhas e ovos de parasitas, entre outros fatores.

Temperaturas inferiores a 40°C, elevam o tempo de compostagem e não eliminam microrganismos patogênicos indesejáveis. Já, temperaturas acima de 60°C, podem inibir o processo de atividade microbiana contribuindo, também, para a elevação do tempo de compostagem e qualidade do composto.

2.5.2 - TAXA DE OXIGENAÇÃO

Segundo PEREIRA NETO (1989), a taxa de oxigenação (quantidade de oxigênio - ar - presente na leira) é o principal fator de regulagem da temperatura durante o processo de compostagem, contribuindo com o aumento da velocidade de oxidação da matéria orgânica e diminuindo a emissão de odores.

NOBREGA Apud OBENG & WRIGHT (1991), relata que a quantidade ótima de oxigênio para a proliferação de microrganismos deve situar-se na faixa de 5 a 15% da concentração de oxigênio atmosférico, visto que, é nessa faixa que são mantidas altas temperaturas (próximas de 55°C) e maior percentual de redução da massa compostável.

No entanto, essa faixa de valor sofre influências de outros fatores presente na massa orgânica, tais como: temperatura, características do material, tamanho das partículas, teor de umidade, entre outras coisas, dificultando, assim, a manutenção desses índices.

Atualmente os meios mais utilizados para aerar as leiras durante o processo de compostagem são:

1) **reviramento manual** - utilizado principalmente em pequenas unidades de tratamento de lixo com capacidade para processar até no máximo 20 toneladas por dia, empregando grande número de funcionários (16 a 24).

2) **reviramento mecânico** - realizado por equipamentos mecânicos tipo: BOB-CAT e aeradores mecânicos. Tais equipamentos destinam-se a usinas de compostagem de lixo com capacidades para processar valores acima de 20 toneladas dia.

3) **aeração forçada** - que consiste de métodos de injeção de ar (modo positivo), sucção de ar (modo negativo) ou de uma combinação dos modos positivo e negativo, chamado de método híbrido.

Esse processo de aeração forçada, apesar de se mostrar o mais eficiente na oxi-redução e no controle geral da massa orgânica, durante a compostagem, ainda não foi utilizado em larga escala devido, principalmente, por ser uma tecnologia recente e de custo relativamente alto.

Tal sistema, necessita entre outras coisas de bombas e/ou compressores para injetar e succionar o ar para dentro e para fora da leira; tubulações de PVC para conduzir o fluxo de ar; "timer", para controlar o tempo de funcionamento dos equipamentos responsáveis pela injeção e sucção do ar, dificultando, assim, a sua instalação, principalmente em grandes unidades de tratamento.

2.5.3 - TEOR DE UMIDADE

A compostagem por ser um processo biológico, necessita de água para garantir a atividade microbiológica durante a fase de degradação da matéria orgânica.

O teor de umidade depende de vários fatores, entre eles: o tamanho e composição das partículas da matéria orgânica, capacidade de aeração e da necessidade de atender a demanda microbiológica.

Vários autores, entre eles, NOBREGA Apud SINGLEY et alii (1991) concluíram através de pesquisas, que o teor de umidade deve situar-se em torno de 55%. Altos teores (acima de 65%) e baixos teores (abaixo de 40%) de umidade dificultam a atividade de oxidação da matéria orgânica, pois ou causam anaerobiose (em casos de altos índices) ou inibem a atividade microbiológica (em casos de baixos índices), diminuindo a taxa de estabilização, o que contribui para aumentar o tempo de compostagem, produzindo compostos fisicamente estabilizados, mas biologicamente instáveis.

2.5.4 - NUTRIENTES

A concentração de nutrientes, segundo PEREIRA NETO (1989), é um fator de grande importância durante a compostagem, pois a concentração e a diversificação da população microbiana, responsável pela eficiência do processo de degradação da matéria orgânica, está diretamente relacionada com o teor de nutrientes presente na massa orgânica a ser compostada.

Sabe-se, que a porção orgânica do lixo é rica em proteínas, minerais, aminoácidos, vitaminas, micronutrientes (ferro, zinco, cobre e cloro) e macronutrientes (nitrogênio, fósforo e potássio), necessários a compostagem (PEREIRA NETO, 1989; LIMA, 1991).

Os macronutrientes, carbono e nitrogênio, são os principais responsáveis pelo crescimento de microrganismos, durante a compostagem.

Pesquisas realizadas por JERIS & REGAN (1975), entre ou-

tros. concluíram que a taxa ideal para a relação carbono/nitrogênio (C/N), a fim de desenvolver uma boa atividade biológica, deveria situar-se numa faixa entre 30 a 40:1.

JÁ NOBREGA Apud PEREIRA NETO (1991), comenta que a relação carbono/nitrogênio (C/N), tem sido utilizada como indicador de término de fase de maturação, ou seja, se a relação carbono/nitrogênio, após o período de compostagem, estiver numa faixa compreendida entre 10 a 15:1, pode-se concluir que o material esteja estabilizado e pronto para o uso.

2.5.5 - GRANULOMETRIA

Segundo PEREIRA NETO (1989) e NOBREGA (1991), a granulometria da matéria orgânica a ser compostada é de fundamental importância, haja visto que quanto mais fragmentado for o material, maior será a área superficial de contato.

Aumentando-se essa área superficial, propicia-se um maior ataque microbiológico, contribuindo, assim, com a redução do período de compostagem.

PEREIRA NETO (1989), considera que em se tratando de lixo urbano, o tamanho ideal da partícula a compostar seja da ordem de 20 a 50 milímetros. Essa faixa de granulometria deixa a massa de lixo mais porosa, facilitando a aeracão e o manejo das leiras.

2.5.6 - FORMA E DISPOSIÇÃO DAS LEIRAS NO PATIO DE COMPOSTAGEM

LIMA (1991), afirma que a forma e a disposição das leiras no pátio de compostagem tem influência direta na qualidade do produto final e no tempo de humificação. A prática recomenda que as leiras devem possuir as seguintes dimensões básicas: largura de 3 a 4 metros, altura de 1,5 a 2 metros e comprimento indeter-

minado. A disposição das pilhas no pátio deve ser orientada para que permita o revolvimento periódico e o tráfico de carrinhos, máquinas e equipamentos.

2.6 - SISTEMAS DE RECICLAGEM E COMPOSTAGEM

As agressões ao meio ambiente e os problemas sanitários causados pelo lançamento à céu aberto de resíduos sólidos urbanos, tem levado o homem a buscar técnicas antigas e novos conceitos para o tratamento do lixo urbano.

Nessa busca, as usinas de triagem e compostagem, tornaram-se uma forte aliada no tratamento e disposição dos resíduos sólidos urbanos, pois além dos ganhos ecológicos e da recuperação de materiais, obtem-se inúmeras outras vantagens econômicas, sociais e sanitárias.

O processo de triagem e compostagem é, também, uma importante forma de recuperação de energia. Com base nisso, é possível classificar as diversas formas de processamento do lixo urbano de acordo com a maior ou melhor recuperação energética de cada processo adotado. Para melhor esclarecer essa afirmação, é apresentada a seguinte classificação de acordo com o processo adotado:

a) **recuperação máxima de energia, através do prolongamento do período de utilização:** Estariam dentro desse grupo aqueles materiais existentes no lixo, que não necessitassem de nenhum outro tratamento a não ser a lavagem, esterilização e eventual rotulagem. Com isso, não se perderia nenhuma energia aplicada na sua confecção original, sendo, portanto, mínima a perda de energia a fim de torná-lo reutilizável. Como exemplo pode-se citar: as garrafas intactas de refrigerantes e cerveja e outros vidros (PENIDO MONTEIRO & MANSUR, 1987; FERREIRA NETO, 1991a).

b) **recuperação média de energia, através da reintrodução de**

um mesmo material no mesmo processo de fabricação a fim de se obter o mesmo produto : Aí se enquadram certos materiais que necessitam de um beneficiamento industrial, transformando-os novamente em matéria-prima reutilizável. Como por exemplo pode-se citar: cacos de vidros, que deveriam ser limpos, moídos e refundidos para possibilitar uma reutilização e, certos termoplásticos, tais como: garrafas plásticas de refrigerantes e águas sanitárias. Nesse caso, a energia utilizada na última fase de transformação do produto foi desperdiçada e além disso há uma maior absorção de energia no processo de recuperação (FENIDO MONTEIRO & MANSUR, 1987).

c) **recuperação biológica (médio índice):** Nesse item encontra-se a recuperação de macro e micro nutrientes presentes na fração orgânica do lixo, cuja transformação é feita através dos processos de compostagem, pela produção de composto orgânico estabilizado e humificado, como, também, na obtenção de combustível gasoso através da decomposição anaeróbica (FENIDO MONTEIRO & MANSUR, 1987; PEREIRA NETO, 1991a).

d) **baixa recuperação de energia, através da reintrodução de um material em outro ciclo de produção a fim de se obter outro tipo de energia :** Está incluído aí, a incineração de materiais com poder calorífico relativamente alto como plásticos, borrachas, trapos de pano e couro. Com tal procedimento, estaria se jogando fora todas as etapas industriais necessárias a sua confecção. Como exemplo cita-se: a queima do plástico. Ao se fazer isso, desperdiça-se todas as etapas anteriores a sua fabricação, pois a energia que ele fornecerá, ao ser queimado, é muito inferior a aquelas que foram utilizadas no processo de obtenção desse produto (FENIDO MONTEIRO & MANSUR, 1987).

Essa visão de recuperação de energia no processo de reciclagem e compostagem é muito importante, pois os projetos de sistemas destinados ao tratamento do lixo urbano, devem possuir como

objetivo principal a obtenção do maior balanço energético possível.

Essa preocupação se dá, principalmente, quando se deseja obter o máximo de eficiência do processo, utilizando, para isso, tecnologia simplificada, de baixo custo de aquisição e de manutenção.

2.6.1 - SISTEMA CHINES PARA COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS ORGÂNICOS

Esse sistema é considerado o mais elementar dos processos, ainda hoje utilizados, para obtenção do composto orgânico.

2.6.1.1 - Matérias-primas utilizadas para obter o composto: Utilizavam-se resíduos orgânicos animais e vegetais.

2.6.1.2 - Metodologia: Mistura-se uma parte de resíduo animal, para quatro partes de resíduo vegetal, que em seguida devem ser empilhados.

As dimensões das pilhas ou leiras, devem possuir 1,5m de altura por 2,5m de largura, com comprimento indeterminado.

Formadas as leiras, são introduzidas varas de bambus, tanto no sentido vertical como no horizontal, com a finalidade de criar dutos de ventilação. Em seguida, cobre-se toda a pilha com uma argamassa de argila e areia. Depois de 1 a 2 dias com a argamassa já endurecida, removem-se as varas de bambus, obtendo-se os canais de ventilação. Posteriormente, espera-se que a temperatura da pilha atinja valores de 60 a 70°C, quando, então, os furos são fechados. Passados de 15 a 21 dias, a leira é aberta, revirada e novamente selada. No fim de 28 a 35 dias, o composto está pronto para o uso. A figura 2.1 mostra a disposição esquemática desse tipo de sistema.

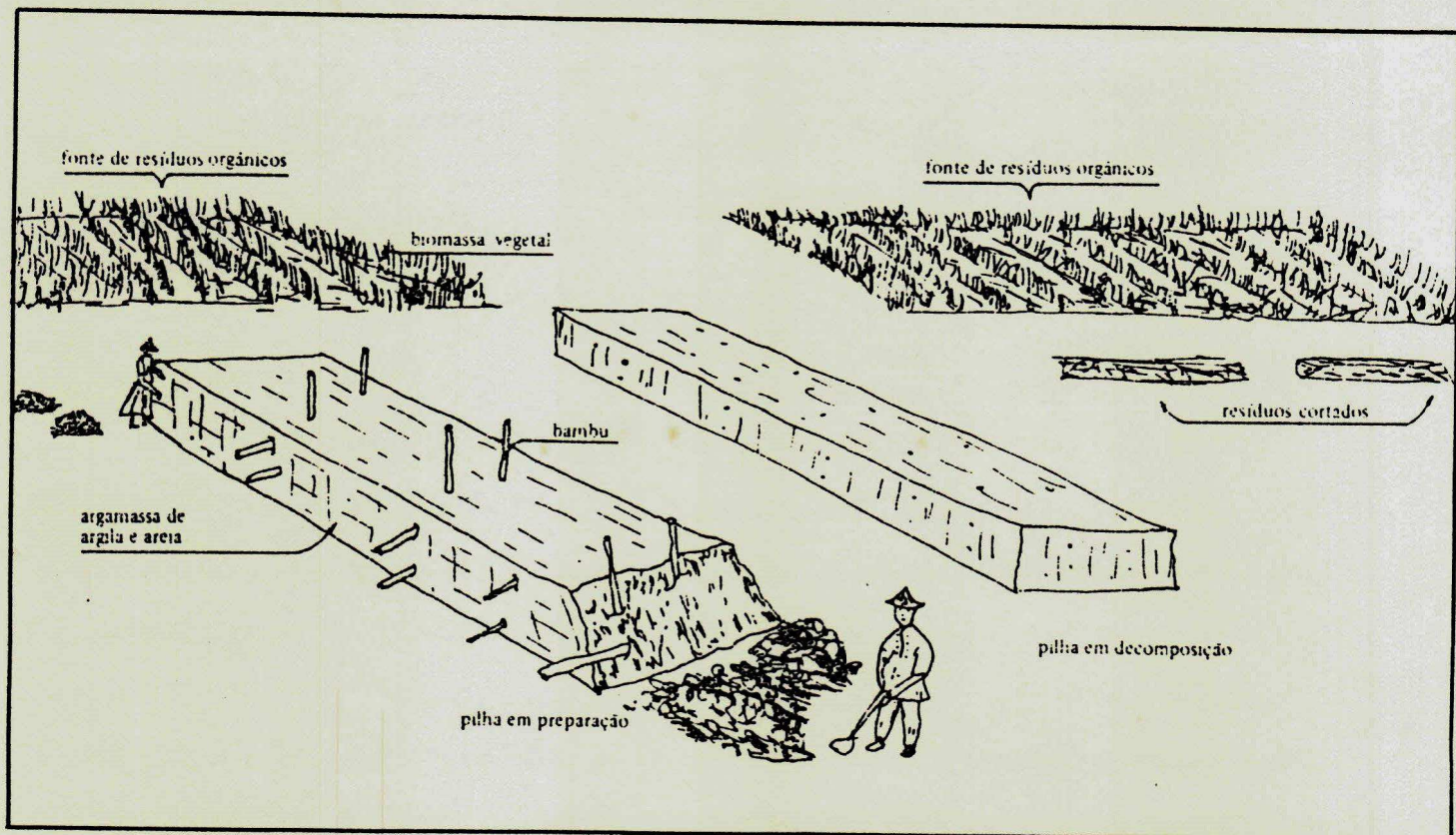


FIGURA 2.1 - Sistema chinês.

2.6.2 - SISTEMA BOMMER

Esse sistema foi patenteado em 1843 nos E.U.A. por George Bommer, provavelmente o primeiro pesquisador a conceber um processo científico de compostagem.

2.6.2.1 - Matérias-primas utilizadas para obter o composto: Nesse processo eram usados diferentes tipos de resíduos agrícola.

2.6.2.2 - Metodologia: Para obter o composto, inicialmente, era necessário construir uma grade. Nessa grade, os resíduos agrícolas eram depositados, para posteriormente sofrer a decomposição. O líquido percolado (chorume) era recolhido e aspergido sobre a massa orgânica, com a finalidade de aumentar a taxa de degradação e manter o teor de umidade. Após 15 dias o material era utilizado

como composto (NOBREGA, 1991).

2.6.3 - SISTEMA INDORE

Esse sistema desenvolvido por Sir Albert Howard, em 1920, em Indore, na Índia, foi uma das primeiras tentativas de sistematizar o processo de compostagem.

2.6.3.1 - Matérias-primas utilizadas para obter o composto: Howard utilizava o lixo urbano, o lodo de esgoto e o esterco animal proveniente de estábulos.

2.6.3.2 - Metodologia: Para formar a leira, eram alternadas camadas de lixo, lodo de esgoto e esterco animal, que eram postos em valas de 1m de profundidade ou em pilhas, feitas, sobre o solo, contendo de 1 a 2 metros de altura. Periodicamente, toda essa massa era revolvada com o intuito de aerar e, o líquido percolado era recolhido e devolvido à pilha como forma de devolver os nutrientes lixiviados e corrigir o teor de umidade (NOBREGA, 1991; LIMA, 1991), vide figura 2.2.

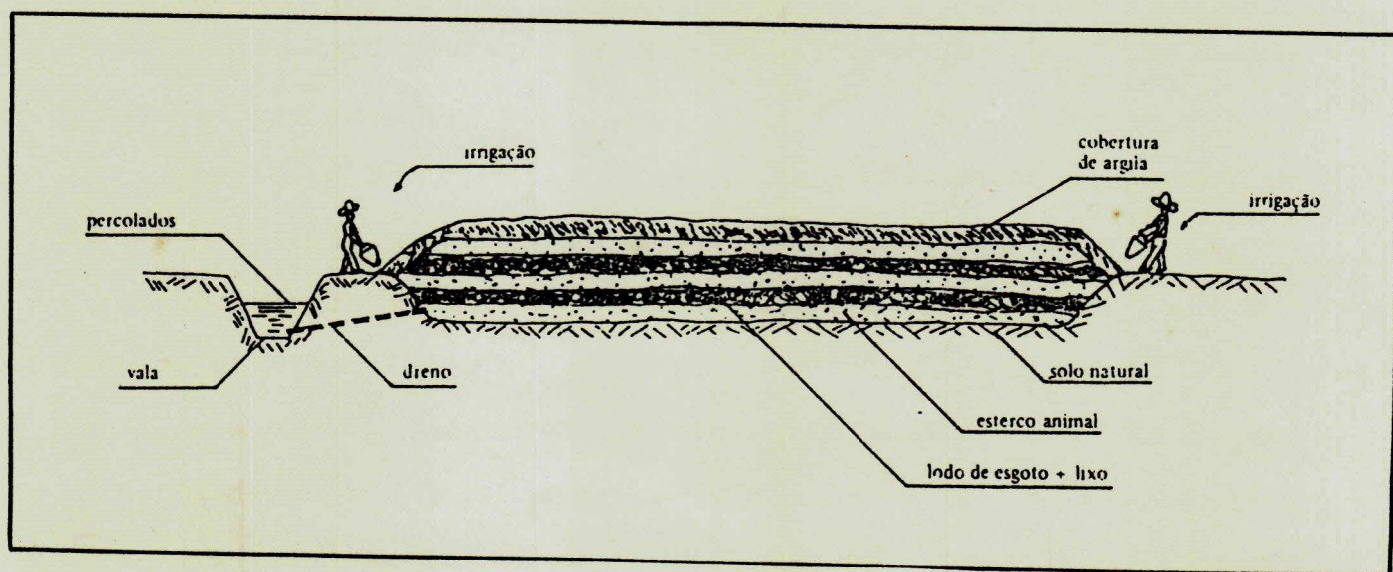


FIGURA 2.2 - Sistema Indore.

2.6.4 - SISTEMA BECCARI

Esse sistema foi patenteado em 1922. Florença, Itália, por Giovanni Beccari e tratava-se de um processo de fermentação acelerada, através de método misto de degradação.

2.6.4.1 - Matéria-prima utilizada para obter o composto: Nesse processo utilizava-se o lixo urbano.

2.6.4.2 - Metodologia: Inicialmente, eram construídas células fechadas, contendo duas portas: a primeira, servindo como porta de entrada do lixo ou porta de carga e, a segunda como porta de descarga, responsável pela via de saída do material a maturar. Nessas células, também, eram construídos dutos de ar, que ficavam localizados na base dessas células. A função principal, desses dutos, era promover a aeração da massa, gerando um ambiente aeróbio.

Montada a célula, descarrega-se o lixo, que sofre, inicialmente, um processo anaeróbio de degradação. Em seguida, um fluxo contínuo de ar é injetado no meio através dos dutos de ventilação, modificando as características biológicas, favorecendo, nesse momento, a proliferação de microrganismos aeróbios, que passam a dominar o processo.

Segundo LIMA (1991), " o tempo de processamento depende de diversos fatores, como a temperatura, umidade, PH, teor de matéria orgânica, relação carbono/nitrogênio, potencial de oxidação-redução etc ".

Terminada a fase inicial, retira-se a matéria orgânica, pela porta de saída (descarga), para, posterior, maturação em leiras a céu aberto. O tempo de digestão é difícil precisar, mas em termos operacionais, varia de 40 a 180 dias, vide figura 2.3.

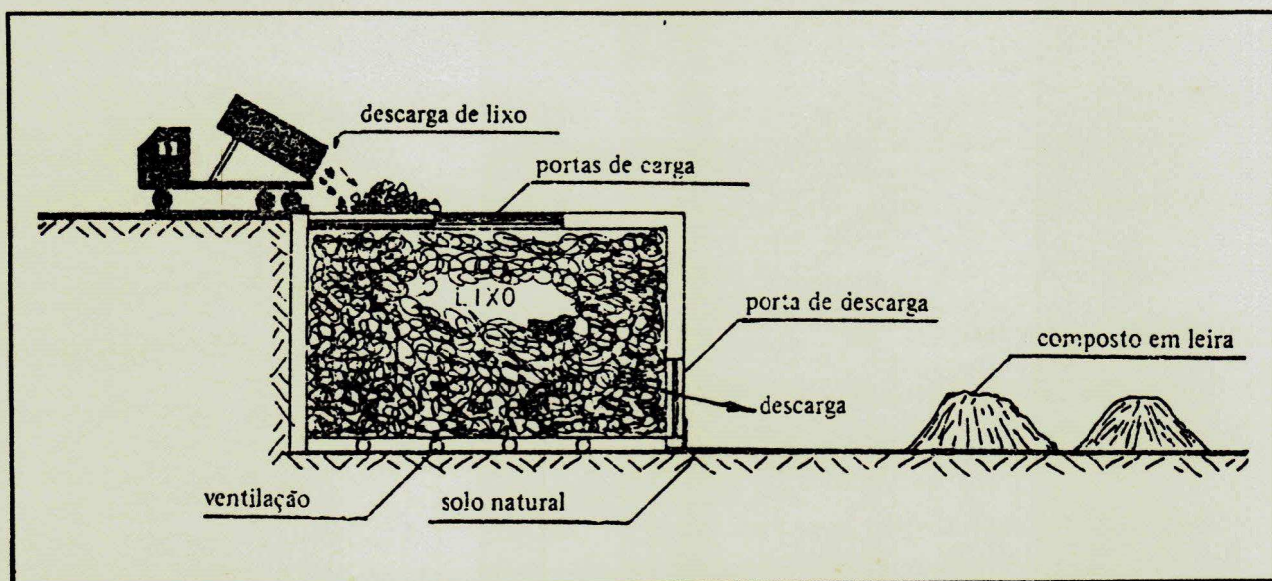


FIGURA 2.3 - Sistema Beccari.

2.6.5 - SISTEMA VAN MANHEM

Esse sistema foi derivado do sistema Howard. Em 1932, o holandês, Van Manhem, propôs um mecanismo de aeracção contínua no interior da massa. Com essa modificacção, obteve-se uma reduçõo no tempo de compostagem e no despreendimento de gases mal-cheirosos resultantes da fase anaeróbica.

2.6.6 - SISTEMA KIEHL

Esse sistema desenvolvido, pelo brasileiro, Edmar José Kiehl, em 1957, trata-se de uma versõo mais dinâmica do sistema Indore. Nesse processo, além da praticidade e higiene, o custo concorre com os demais sistemas dinâmicos.

2.6.6.1 - Matérias-primas utilizadas para obter o composto: Nesse processo, eram utilizados todos os tipos de matéria orgânica, tais como: canas de milho, soqueira de arroz, capins de corte,

bananais, além de resíduos de origem animal, como: esterco de gado, porcos e aves (meios de fermentação).

2.6.6.2 - Metodologia: Utilizando os resíduos orgânicos mencionados no item 2.5.6.1 e ferramentas manuais como: pás, gadanhos ou máquinas agrícolas, tais como: ceifadeira tipo Taarup e tratores equipados com pás carregadeiras, confecciona-se as leiras. Estas, devem possuir as seguintes dimensões: de 3 a 4 metros de largura, de 1,5 a 1,8 metros de altura por comprimento indeterminado. Cada pilha formada deve conter 3 partes de restos vegetais e uma parte de meios de fermentação (esterco de gado, porco e aves). Depois de misturados, deve-se irrigar sempre que necessário com água ou com resíduos líquidos, provenientes de estábulos, para manter a umidade. O revolvimento, deve ser feito periodicamente e repetido de três a cinco vezes nas primeiras duas semanas, com isso garante-se a homogeneização e aeração, responsável pela ativação dos mecanismos de decomposição, inclusive servindo para controlar a presença de moscas e outros vetores, vide figura 2.4.

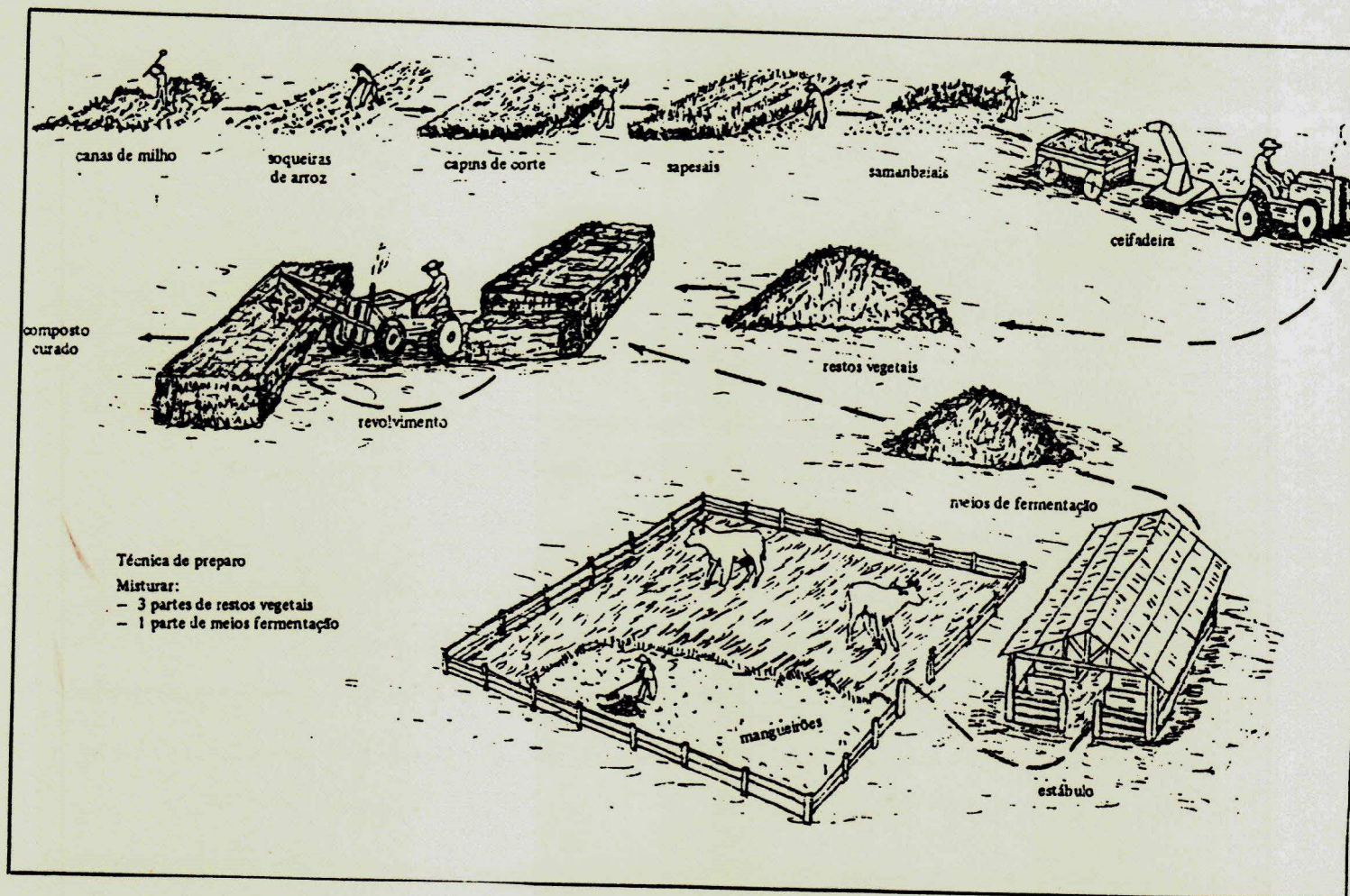


FIGURA 2.4 - Sistema Kiehl.

2.6.7 - SISTEMA CAREL-FOUCHE-LANGUEPIN

Esse sistema desenvolvido na França, na década de 50, está baseado em cinco etapas distintas: recepção, trituração, peneiramento, digestão e maturação. Devido a sua complexidade e boa capacidade de produção (processa valores acima de 80 toneladas diárias de lixo); destina-se a cidades de maior porte.

2.6.7.1 - Equipamentos necessários para o funcionamento desse sistema:

Por se tratar de um processo complexo, esse sistema necessita de equipamentos eletromecânicos, tais como:

. ponte rolante e cacamba tipo pólipô, necessárias ao

transporte dos resíduos para as outras fases do processo.

- . tremonha metálica, responsável pela dosagem do lixo no moinho.

- . moinho triturador, responsável pela redução de granulometria da matéria orgânica.

- . esteiras elevatórias, responsável pelo transporte de material triturado e material peneirado.

- . peneiras classificatórias de granulometria e,

- . torre de fermentação.

2.6.7.2 - Metodologia: O caminhão chega a usina trazendo os resíduos descarregando-os na fossa de recepção. Em seguida, uma garra metálica, tipo pólipó, desce e agarra o lixo transportando-o para uma tremonha, provida de esteira, transportadora, metálica, responsável pela dosagem do material no moinho de martelos. No moinho, esses resíduos são fragmentados em pequenas partículas variando de 1 a 7 cm. Os fragmentos são transportados por uma correia transportadora até uma peneira rotativa, que classifica os tamanhos das partículas em miúdos pesados e graúdos leves. Posteriormente, esses graúdos leves, como: papéis, papelão, panos, são transferidos para o aterro sanitário ou reciclados manualmente e os componentes miúdos pesados transportados através de outra esteira transportadora para a torre de fermentação ou digestor. Nesse digestor, constituído de seis células, os finos passarão seis dias, sendo que a cada dia os resíduos, em fermentação, são lançados nas células inferiores, onde uma massa de ar é continuamente introduzida por entre os resíduos, acelerando a digestão. Logo após o sexto dia, o material fermentado é retirado e conduzido ao pátio de compostagem, vide figura 2.5.

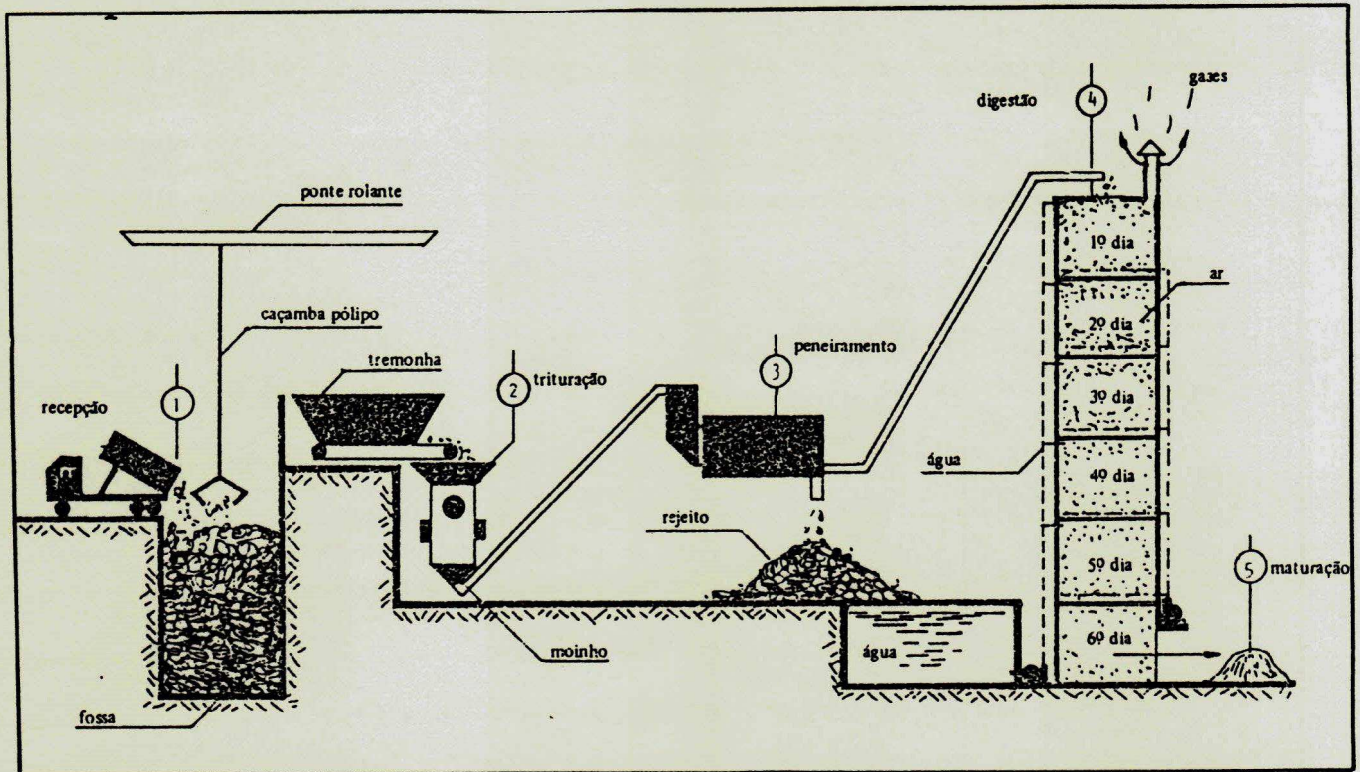


FIGURA 2.5 - Sistema Carel-Fouché-Lanquepin.

2.6.8 - SISTEMA ARNHEM

Esse sistema desenvolvido em Arnhem, Holanda, no ano de 1961, trata-se de um sistema eletromecânico para tratamento de lixo urbano. O processo está montado em sete etapas distintas: recepção dos resíduos, triagem manual, separação balística de substâncias pesadas, separação eletromagnética, refinação e fermentação e maturação em leiras.

2.6.8.1 - Equipamentos necessários ao funcionamento desse processo:

Como equipamentos básicos necessários ao funcionamento do processo, pode-se citar: fossa metálica, esteiras transportadoras, separador balístico de arremesso, eletroímã rotativo, raspadores denominados Dorr-Oliver, responsáveis pela trituração da matéria orgânica e revolvedor de leiras.

2.6.8.2 - Metodologia: O caminhão ao chegar a usina, é encaminhado ao pátio de recepção dos resíduos. Em seguida, descarrega o lixo num silo metálico, provido de base móvel, que direciona os resíduos para duas esteiras paralelas, a onde é realizada a triagem manual dos materiais passíveis de reciclagem, tais como: vidros e plásticos. Realizada a triagem, o material que, ainda, fica nas esteiras é submetido a uma separação balística de arremesso, sendo retiradas as partes grandes que são enviadas ao aterro sanitário. O material restante, que está livre de vidros, pedras, madeiras e plásticos, passa por um eletroímã rotativo que retira os metais ferrosos remanescentes. Esse material ferroso é prensado e comercializado. Posteriormente, esses resíduos são triturados em raspadores denominados Dorr-Oliver, obtendo-se fragmentos da ordem de 0,1 a 5,0 cm. O próximo passo é a transferência desses finos para o pátio de fermentação através de correias transportadoras horizontais. No pátio, os resíduos são constantemente revirados por equipamentos especialmente construídos para essa finalidade denominados "revolvedores de leiras". O tempo gasto na compostagem varia de 6 a 8 meses. Devido a isso, o processo torna-se limitado, vide figura 2.6.

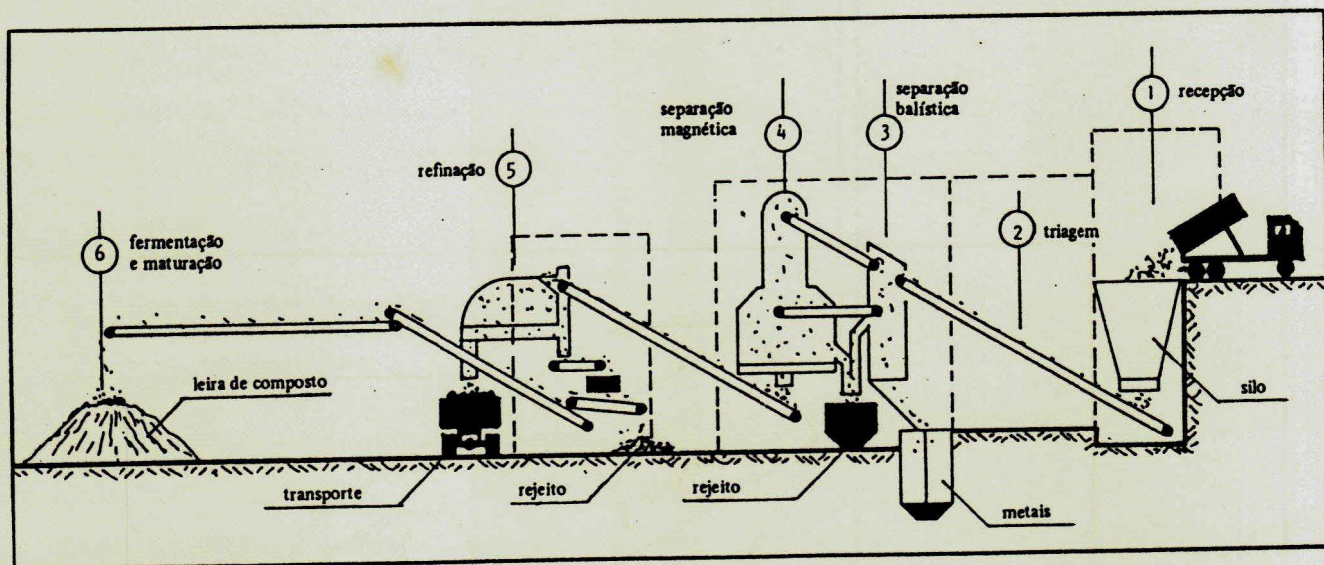


FIGURA 2.6 - Sistema Arnhem.

2.6.9 - SISTEMA FERMASCREEN

Esse sistema foi desenvolvido em Edson, Inglaterra, destinado ao tratamento de lixo urbano, constituído, basicamente, das seguintes etapas: trituração, peneiramento e digestão.

2.6.9.1 - Equipamentos necessários ao funcionamento desse processo:

Nesse processo, os equipamentos que mais se destacam são: o moinho de martelos e as peneiras hexagonais de parede dupla.

2.6.9.2 - Metodologia: O lixo ao chegar a usina é descarregado e triturado em moinhos de martelos, com a finalidade de reduzir a sua granulometria. Passada essa etapa, os fragmentos são colocados em peneiras hexagonais de parede dupla, onde três dos seus lados internos são providos de tela e os outros três lados restantes de parede contínua. A medida que o hexágono gira os resíduos são classificados favorecendo a aeração. Devido a esse movi-

mento constante a massa é digerida de forma acelerada em três a cinco dias. Quando necessário, água é introduzida ao processo para corrigir o teor de umidade, vide figura 2.7.

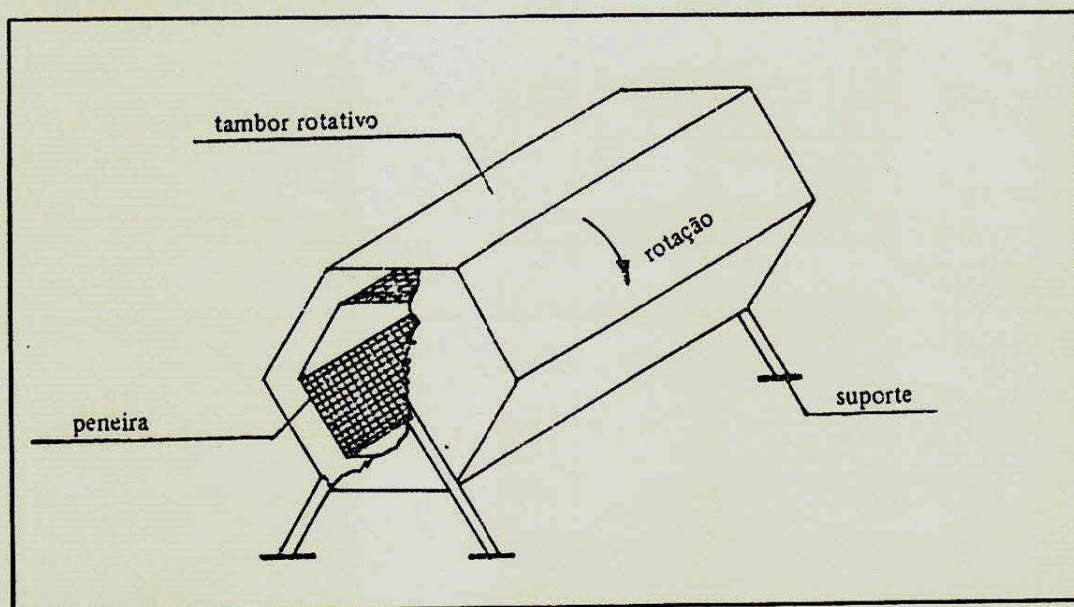


FIGURA 2.7 - Detalhes dos tambores do sistema Fermascreen.

2.6.10 - SISTEMA WINDROW

Em Johnson City, Tennessee, E.U.A., no ano de 1966, J.S. Wiley, F.E. Gartrell & H. Smith, projetaram um sistema destinado a otimizar o processo de digestão em leiras mediante a utilização de vários processos preliminares a saber: descarga dos resíduos, triagem manual, triagem magnética, trituração, refinamento, homogeneização, ensilagem, digestão em leiras e maturação e estocagem.

2.6.10.1 - Matérias-primas utilizadas para obter o composto: Inicialmente utilizava-se lixo urbano. Hoje, combina-se lixo urbano mais lodo de esgoto.

2.6.10.2 - Equipamentos necessários ao funcionamento desse processo:

Esse sistema é bastante mecanizado, possuindo desde caminhões para transportar os recicláveis até sistemas de triagem magnética, passando por digestores, correias transportadoras, tremonhas metálicas, moinhos de martelos, entre outros.

2.6.10.3 - Metodologia: O caminhão ao chegar na usina, descarrega o lixo numa tremonha metálica de base movediça, que por sua vez dosa a quantidade de resíduos sobre uma esteira transportadora, destinada a alimentar o sistema e conduzir o lixo para a triagem manual. Após realizada essa triagem manual, os resíduos remanescentes sofrem uma triagem magnética, para em seguida serem triturados e refinados. Logo depois, os resíduos finos são misturados ao lodo de esgoto, passando por um processo de homogeneização. Passada essa fase, o material é ensilado e conduzido ao pátio, onde são formadas leiras, que entram em fermentação espontânea. Concluída a etapa de digestão, o material é peneirado e armazenado em leiras protegidas da chuva, para posterior maturação, vide figura 2.8.

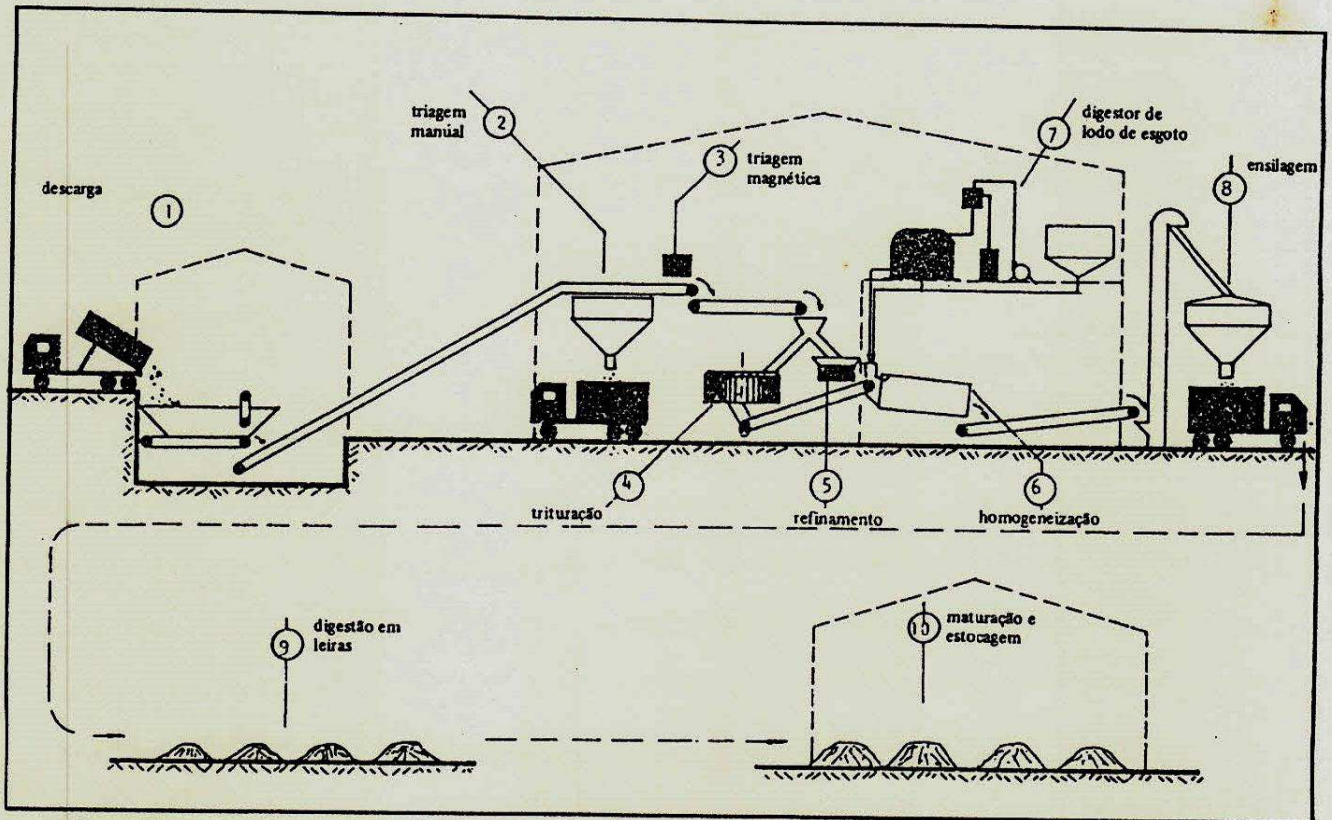


FIGURA 2.8 - Sistema Windrow.

2.6.11 - SISTEMA FAIRFIELD-HARDY

Esse sistema foi desenvolvido nos E.U.A. por Fairfield & Hardy, na década de 60, com a finalidade de transformar lixo urbano em composto orgânico. Todo o processo está dividido em sete etapas principais: recepção, triagem manual, seleção eletromagnética, preparação da polpa, digestão, estocagem e armazenamento e pelletização.

2.6.11.1 - Matérias-primas utilizadas para obter o composto: Utiliza-se como matéria-prima, básica, o lixo urbano mais lodo de esgoto ou água enriquecida com nutrientes.

2.6.11.2 - Equipamentos necessários ao funcionamento desse processo:

Esse sistema é bastante mecanizado, necessitando para a sua operação de equipamentos tais como: silos metálicos com chão movedico, esteiras transportadoras, eletroimã, moinho de martelos, digestor entre outros.

2.6.11.3 - Metodologia: Ao chegar a usina, o caminhão de lixo descarrega todos os resíduos num silo metálico, que possui chão movedico, responsável pela dosagem dessa massa heterogênea no sistema. Através de esteiras transportadoras os resíduos são levados para o setor de triagem manual, a fim de ser retirado da massa os materiais passíveis de reciclagem. O próximo passo é fazer passar todo o material remanescente pelo sistema magnético para retirar algum material ferroso, que, ainda, possa estar contido dentro da matéria orgânica. Em seguida, os resíduos orgânicos, livres de partes inertes, são triturados em moinhos de martelos e misturados ao lodo de esgoto ou a água enriquecida com nutrientes, em um cilindro com rotação controlada, formando-se uma pasta apropriada a fermentação. Passada essa fase, a pasta é transportada ao digestor vertical, constituído de um cilindro de concreto armado com 40m de diâmetro e 2m de altura, provido de um braço mecânico giratório, que contém aeradores revolvendo continuamente toda a pasta. Durante o processo de digestão, parâmetros como: temperatura, umidade e PH são constantemente controlados. O tempo necessário para ocorrer a digestão varia de 5 a 8 dias dependendo da velocidade de aeração e do enriquecimento da massa. Concluída mais essa fase, o composto segue para o silo de estocagem e de lá para o pátio de maturação, onde deverá ficar por mais

60 a 120 dias até atingir a cura. Após a cura, o composto é peletizado e posteriormente vendido. Segundo LIMA (1991), esse processo não é muito eficiente devido, principalmente, a alta porcentagem de rejeito, que é encaminhado aos aterros (em média de 43%), encarecendo mais ainda os custos de disposição desses resíduos, vide figura 2.9.

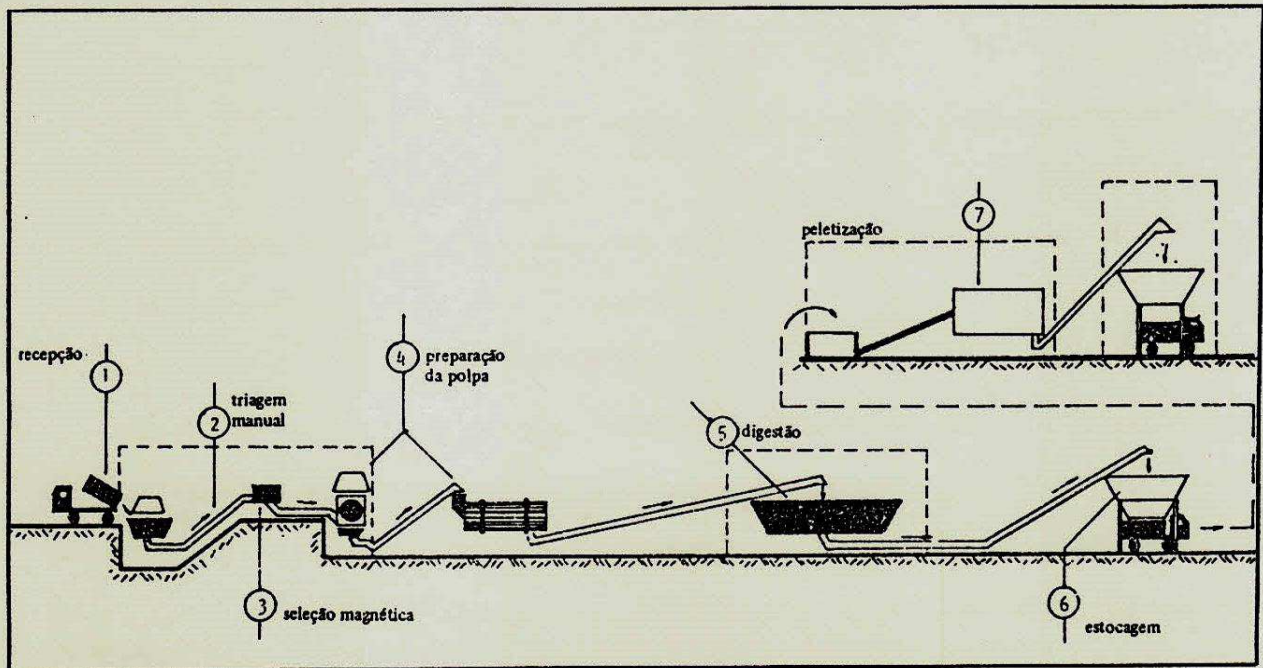


FIGURA 2.9 - Sistema Fairfield-Hardy.

2.6.12 - SISTEMA FAIRFIELD-HARDY-DIBARTOLOMEIS

Esse sistema desenvolvido por Di Bartolomeis, no ano de 1969, em Milão, na Itália, teve como objetivo principal melhorar a eficiência do processo Fairfield-Hardy, através de algumas modificações na sua linha de produção do composto, empregando um forno rotativo para queimar os rejeitos e um sistema classificador rotativo em substituição ao sistema preparador de polpa, o qual proporcionou um sistema de digestão a seco.

2.6.12.1 - Matéria-prima utilizada para obter o composto: Nesse processo era utilizado apenas o lixo urbano como matéria-prima para obter o composto.

2.6.12.2 - Equipamentos necessários ao funcionamento desse processo:

Devido as modificações executadas por Di Bartolomeis, o processo tornou-se mais mecanizado, tendo como equipamentos essenciais ao funcionamento do processo as correias transportadoras, ciclones, eletroimã, moinhos de martelos, tambores classificadores e homogeneizadores, incinerador e digestor.

2.6.12.3 - Metodologia: O caminhão ao chegar na usina, descarrega os resíduos numa fossa metálica, provida de chão movediço, responsável pela dosagem dos resíduos no sistema. Através de esteira transportadora os resíduos são conduzidos à triagem manual, onde os materiais passíveis de comercialização (plásticos, latas, vidros) são retirados da massa orgânica. Após completada esta fase, os resíduos sofrem a ação de um eletroimã, que retira de dentro da massa os metais ferrosos remanescentes.

Seguindo com o processo, os resíduos orgânicos são transportados ao moinho de martelos, cuja finalidade básica é a de fornecer uma trituração primária, reduzindo a granulometria da massa. Todos esses fragmentos são encaminhados ao classificador automático, que separa o material orgânico e o inorgânico. Esse classificador é constituído de um cilindro horizontal, metálico, medindo 12m de comprimento por 3.5m de diâmetro, provido internamente de uma peneira e pás fixas que servem para distribuir a massa. Os resíduos leves seguem por uma esteira secundária até o forno rotativo e, os resíduos pesados e miúdos seguem por outra

esteira até o ciclone de separação de vidros e inertes. Chegando nessa etapa, os materiais pesados caem por gravidade e os leves são arrastados pela ação da corrente de ar proporcionada por um soprador anexado a ele. Os materiais pesados arrastam também determinada quantidade de resíduos orgânicos, indo formar o adubo de segunda qualidade. A matéria orgânica recebe a refinação final e segue para o digestor por meio de uma esteira transportadora helicoidal metálica. Nessa fase, a digestão aeróbia ocorre a seco. A massa, em digestão, dispensa o uso de secadores, recebendo a adição de cinzas provenientes do incinerador. Tal procedimento, leva a reduzir o tempo médio de digestão e o malcheiro, que produzia o processo por via úmida. Concluída mais essa fase, a massa orgânica segue para maturação no pátio a céu aberto, com posterior armazenamento do composto, vide figura 2.10.

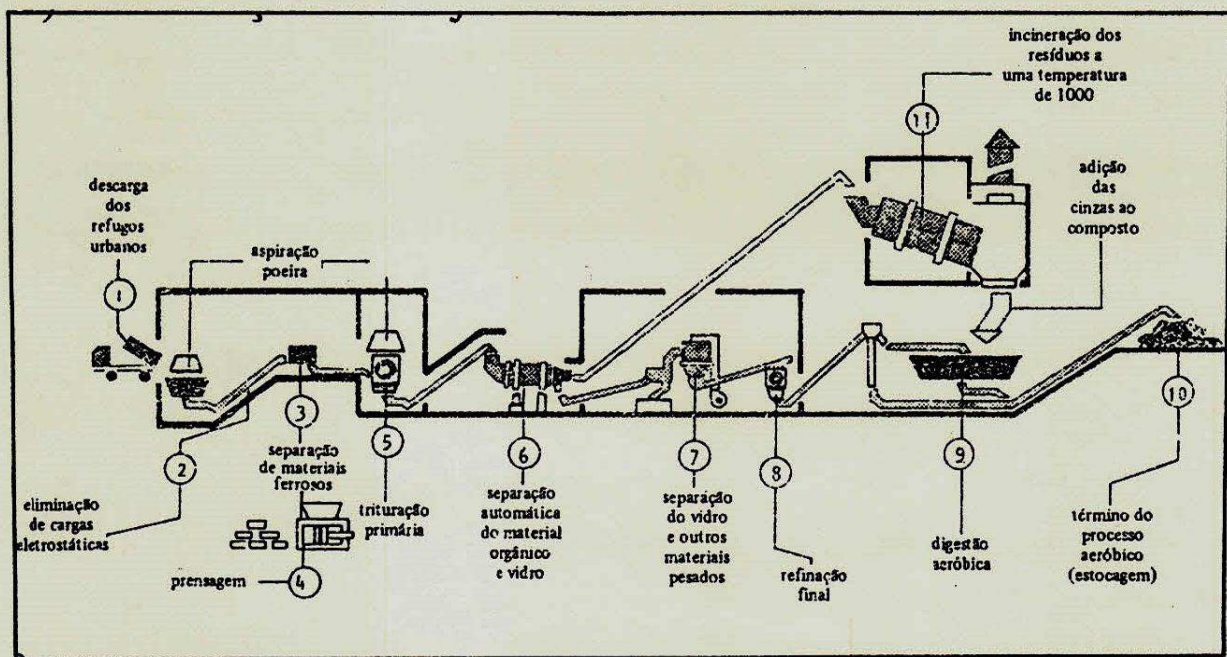


FIGURA 2.10 - Sistema Fairfield-Hardy-DiBartolomeis.

2.6.13 - SISTEMA VARRO

Esse sistema foi desenvolvido por Stephen Varro, no ano de

1970, em Massachusetts, no E.U.A., com o intuito de transformar o lixo urbano em composto, sendo o processo desenvolvido em oito fases distintas a saber: descarga e recepção do lixo, trituração primária, seleção eletromagnética, homogeneização, digestão, peneiramento, secagem e acondicionamento do composto.

2.6.13.1 - Matérias-primas utilizadas para obter o composto:

Utiliza-se nesse processo como matérias-primas para obter o composto o lixo urbano mais o lodo de esgoto ou outros líquidos ricos em nutrientes.

2.6.13.2 - Equipamentos necessários ao funcionamento desse processo:

Como equipamentos necessários ao funcionamento desse processo, pode-se citar: tremonha metálica, correias transportadoras, moinhos de martelos, eletroimã, aeradores, digestor, peneiras classificatórias, unidade de secagem e prensa para enfardar, peletizar ou granular o produto final.

2.6.13.3 - Metodologia:

O caminhão coletor chega na usina e descarrega o lixo numa tremonha metálica ou de concreto com chão móvel, que alimenta o sistema. Conduzido pela esteira transportadora, os resíduos são dispostos nos moinhos de martelos, os quais efetuam a trituração, sendo em seguida transportados por uma esteira e elevados por outra de canecas até o setor de triagem eletromagnética, responsável pela eliminação dos metais ferrosos. Após essa etapa, os resíduos são colocados num tanque de estocagem de polpa. Nesse tanque, provido de aeradores, a massa finamente moída e livre de partes metálicas, é misturada com inoculantes tipo lodo de esgoto ou outros líquidos ricos em nutrien-

tes. até formar uma polpa homogênea e de fácil digestão. Passados de 4 a 6 horas, o preparo da massa está pronto e todo material é, agora, transportado por esteiras verticais até o digestor, composto de oito compartimentos, que servem como ponto de espera até o momento em que o raspador atua, transferindo de um compartimento para o outro. Durante o percurso da massa no digestor, os fatores como temperatura, PH e a umidade são constantemente monitorados por aparelhos dispostos em cada compartimento. O período de retenção da massa dentro do digestor varia de 48 a 60 horas. Concluída essa fase, a massa digerida é transportada até o sistema de peneiramento, composto de peneiras vibratórias, que separam os vidros, pedras e outras escórias da massa fermentada. Após essa etapa, a massa orgânica é transportada ao setor de secagem de onde, em seguida, segue para a prensagem, peletização ou granulação, sendo comercializados posteriormente, vide figura 2.11.

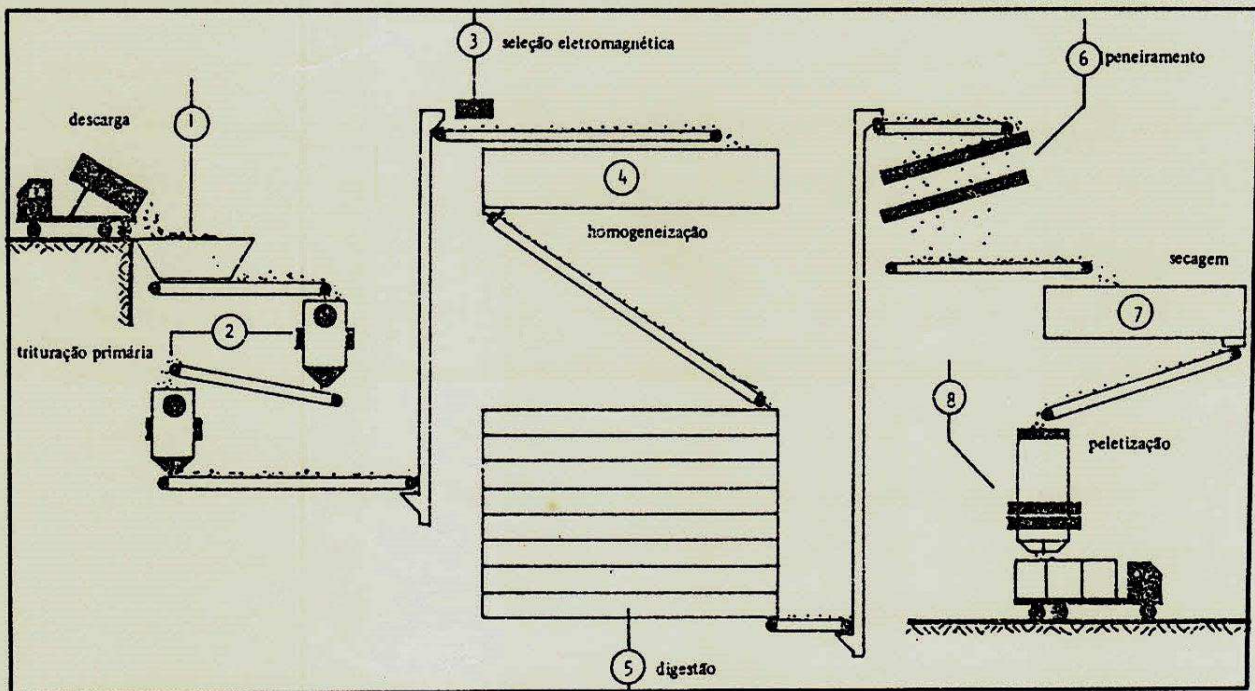


FIGURA 2.11 - Sistema Varro.

2.6.14 - SISTEMAS DE LEIRAS ESTATICAS AERADAS

Esse sistema foi desenvolvido em Beltsville, E.U.A., no ano de 1975, como um metodo especifico para o tratamento de lodos de esgotos domesticos. No entanto, para a formacão da leira era necessário adicionar algum material que desse forma estrutural e porosidade a essa pasta (lodo de esgoto doméstico), de modo a conferir boa eficiencia ao sistema de aeracão. Como, geralmente, o lodo de esgoto tem baixa relacão carbono/nitrogenio (10:1), é necessário adicionar um material que seja, também, uma fonte de carbono para a obtencão de um melhor balanço da relacão carbono/nitrogenio. Por esse motivo, tem sido utilizado "lascas" de madeira no processo de formacão das leiras. No entanto, após várias pesquisas PEREIRA NETO et alii (1986), concluiu que o lixo urbano fornece todos os requisitos para a compostagem do lodo de esgoto doméstico, servindo como elemento estrutural, poroso e com relacão carbono/nitrogenio inicial elevada (50:1), ideal para esse procedimento.

2.6.14.1 - Matérias-primas utilizadas para obter o composto: A matéria-prima utilizada para obter o composto é o lodo de esgoto mais as lascas de madeiras. No entanto, Pereira Neto mostrou que o lixo urbano pode substituir as lascas de madeira, devido as suas qualidades preencherem os requisitos de formacão estrutural, porosidade e alta relacão inicial carbono/nitrogenio, requerido no processo.

2.6.14.2 - Equipamentos necessários ao funcionamento desse processo:

Basicamente os equipamentos necessários ao funcionamento

desse processo são: tubos de PVC de 100mm de diâmetro, perfurados na sua extremidade, bombas de injeção e/ou sucção, "timer" e sensores térmicos.

2.6.14.3 - Metodologia: Inicialmente é necessário eliminar da massa orgânica, todos os materiais passíveis de comercialização e inertes ao processo de compostagem. Isso se consegue através de algum sistema de tratamento de lixo já existente. Depois, monta-se uma rede de tubos de PVC com suas extremidades perfuradas, aonde serão montadas as leiras. Conecta-se esses tubos a bombas responsáveis pela aeração ou sucção de ar na massa. Em seguida, cobre-se as perfurações do tubo com capim, para evitar entupimentos e melhorar a distribuição do ar no interior da massa. Sobre o tubo coberto com o capim, forma-se a leira com perfil piramidal, cobrindo-a, no final, com material humificado, que serve como isolante térmico e filtro de gases, evitando, assim, atração de vetores, tais como: moscas e mosquitos. Terminada essa etapa, controla-se a temperatura e a aeração da massa orgânica através de sensores térmicos e "timer" programável, respectivamente. Com isso, obtém-se um excelente controle do processo, reduzindo os tempos de compostagem e eliminando ao máximo os microrganismos patogênicos presentes na massa (NOBREGA, 1991).

Estudos efetuados pelo mesmo pesquisador em relação ao método híbrido de aeração (método que injeta e succiona ar no interior da massa), conclui-se ser esse método o mais eficiente, pois consegue-se reduzir, ainda mais, o tempo de compostagem e melhorar a eficiência na eliminação de microrganismos patogênicos.

2.6.15 - SISTEMA CETESB

Em agosto de 1977, a Companhia de Tecnologia de Saneamento

Ambiental de São Paulo - CETESB. durante o seminário regional sobre coleta e disposição do lixo, promovido pela prefeitura de Ribeirão Preto-SF. propôs um processo simplificado de tratamento de lixo, destinado a atender pequenas cidades, com a utilização simultânea da técnica de aterro sanitário e compostagem, contendo cinco fases distintas, a saber: descarga, manejo e alimentação, peneiramento, formação de leiras e aterramento dos rejeitos.

2.6.15.1 - Equipamentos necessários ao funcionamento desse processo:

O sistema é bastante simplificado, necessitando para funcionar os seguintes equipamentos eletromecânicos: um trator de esteira munido de pa carregadeira, uma moega dosadora e uma peneira metálica rotativa.

2.6.15.2 - Metodologia: O caminhão coletor ao chega na usina, descarrega os resíduos num pátio, onde em seguida, um trator de esteira, alimenta uma moega dosadora. Na moega, dois operários efetuam uma pré-seleção, retirando materiais volumosos, como: colchões, pneus, entre outros, enviando-os, posteriormente, ao aterro sanitário. Todo o material remanescente, é continuamente empurrado para dentro de uma peneira rotativa, aonde os resíduos finos são separados dos graúdos. Esses resíduos graúdos seguem para o aterro, enquanto que os finos vão para o pátio de compostagem, vide figura 2.12.

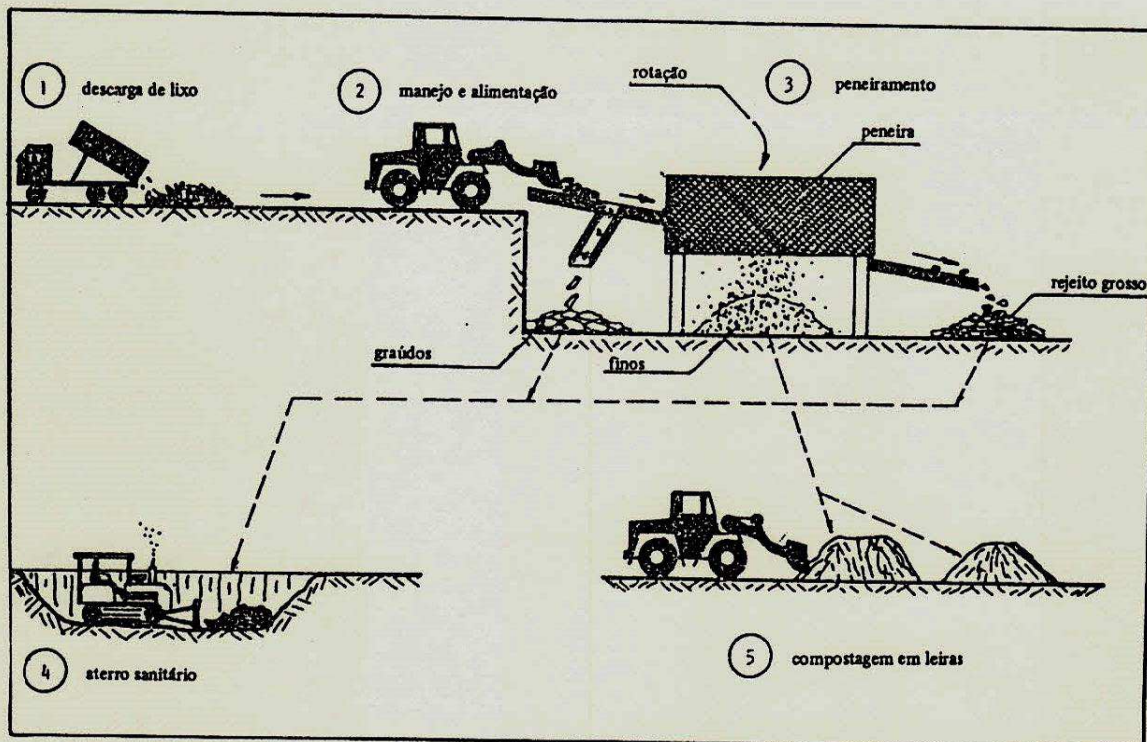


FIGURA 2.12 - Sistema CETESB.

2.6.16 - SISTEMA COMLURB

Em 1977, a Companhia Municipal de Limpeza Urbana do Estado do Rio de Janeiro-RJ, instalou um modelo de usina destinado ao tratamento de lixo urbano, visando sua industrialização em forma de reciclados. Todo o processo foi dividido em sete fases distintas, a saber: descarga e recepção, estocagem e alimentação, triagem manual e embalagem dos produtos reciclados, trituração, seleção eletromagnética, desestanhagem dos metais e compostagem em leiras.

2.6.16.1 - Equipamentos necessários ao funcionamento desse processo:

Os equipamentos necessários ao funcionamento desse processo são: garra tipo pálipa, esteiras transportadoras, eletroímã, moinho de martelos e forno rotativo destinado a incineração de me-

tais.

2.6.16.2 - Metodologia: O caminhão de coleta ao chegar na usina, é pesado e encaminhado para a área de descarga. Lá, deposita os resíduos em dois silos com capacidade para receber 270 m³ cada um. Esses silos são providos de sistemas de nebulização de água misturada com desodorizante para amenizar os odores. Em seguida, os resíduos são recolhidos através de uma cacamba tipo pólipó e transportados por uma ponte rolante até uma tremonha, metálica, responsável pela dosagem dos resíduos no sistema. O trabalho para apanhar e alimentar a tremonha demora 2 minutos. Ao sair da tremonha os resíduos caem numa correia transportadora, onde estão dispostos, paralelamente, catadores, que retiram da massa orgânica os materiais passíveis de comercialização, tais como: vidros, plásticos, latas... Todos esses materiais são prensados e vendidos posteriormente. Os resíduos livres de inertes são agora triturados em moinho de martelos tipo Gondart, com capacidade de moer 20 toneladas de lixo bruto por hora. Esse moinho é provido de uma chaminé balística, que permite o descarte dos materiais não moídos. Passada essa fase, a massa sofre uma seleção eletromagnética, a fim de retirar algum material ferroso contido na mesma. Esse trabalho é executado através de dois equipamentos: um eletroímã tipo over-band e uma polia eletromagnética. Depois de separados, os metais são encaminhados à incineração no forno rotativo, promovendo a desestanhização dos mesmos. Toda a matéria orgânica remanescente, é conduzida para o pátio de compostagem para sofrer a fermentação e posterior maturação, vide figura 2.13.

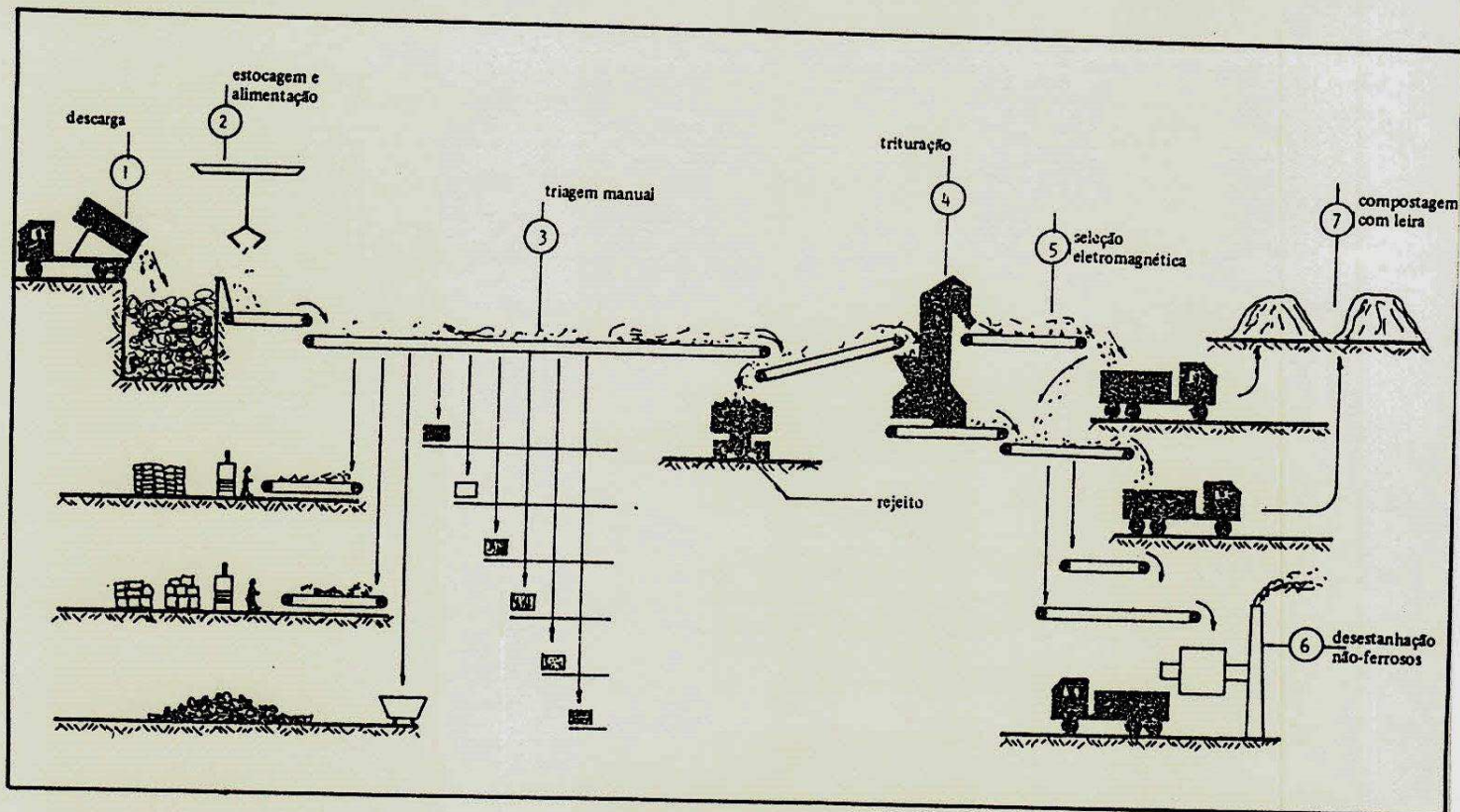


FIGURA 2.13 - Sistema Comlurb.

2.6.17 - SISTEMA DANO

Esse sistema é um dos processos, de compostagem acelerada, mais utilizados no mundo, constituído, basicamente, de seis etapas distintas, a saber: recepção, triagem manual, seleção eletromagnética, bioestabilização, peneiramento e cura do composto em pátio.

2.6.17.1 - Matéria-prima utilizada para obter o composto: Nesse processo a matéria-prima utilizada é o lixo urbano.

2.6.17.2 - Equipamentos necessários ao funcionamento desse processo:

Os equipamentos utilizados para o funcionamento desse sis-

tema são: tremonha com chão movedico, esteiras transportadoras, eletroimã, cilindro metálico rotativo (bioestabilizador) e peneiras vibratórias.

2.6.17.3 - Metodologia: O caminhão coletor ao chegar na usina, descarrega os resíduos numa fossa com chão movedico, que por sua vez tem a função de dosar o lixo em cima de uma esteira transportadora, que alimenta o sistema. Essa esteira encaminha todos os resíduos ao setor de triagem manual, onde são selecionados manualmente os materiais passíveis de comercialização, tais como: vidros, latas, plásticos, papel e papélão. Ao passar por essa etapa, a massa orgânica é submetida a ação de um eletroimã, que retira os materiais ferrosos contidos na mesma. Concluída essa fase, a matéria orgânica é descarregada dentro do bioestabilizador, sofrendo a fermentação, transformando-se, mais tarde, no composto orgânico. O bioestabilizador é constituído de um cilindro metálico rotativo, medindo de 25 a 30 metros de comprimento e 3,5 metros de diâmetro, possuindo movimento giratório, responsável pela trituração dos resíduos. Dentro desse bioestabilizador, o material passa de 2 a 3 dias, sendo mantidas sobre controle a temperatura, a umidade e o PH. Quando necessário, é introduzido ar dentro do sistema para que o processo continue aeróbio. Em épocas quentes, é introduzida água para manter a atividade biológica nas condições ideais. Passada mais essa etapa, a massa orgânica é descarregada numa esteira, que a transporta até o setor de peneiramento, para ser classificada por granulometria. As partículas inertes, como: vidros, pedras e cascalhos, são retirados do processo e enviados ao aterro sanitário. O que passa na malha é conduzido ao pátio de cura, onde deverá permanecer de 60 a 120 dias, para ser comercializado. Modificações foram feitas nesse sistema com o objetivo de otimizá-lo adicionando ao processo lodo

de esgoto, os quais se mostraram muito promissoras. vide figura 2.14.

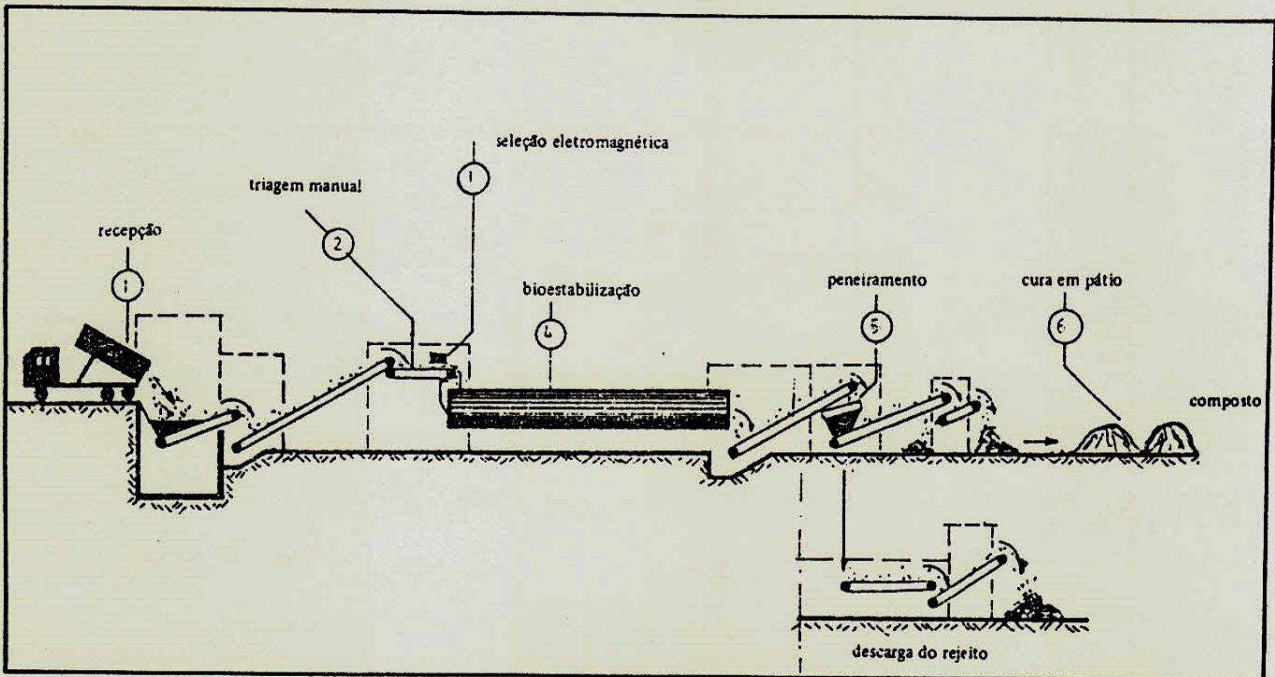


FIGURA 2.14 - Sistema Dano.

2.6.18 - SISTEMA FAIRFIELD-HARDY-LIMA

Esse sistema proposto por Lima, em 1979, em Manaus, modifica o processo Fairfield-Hardy-Di Bartolomeis no tocante ao forno rotativo para queima dos rejeitos. Esse forno, quando em funcionamento, operava com problemas, devido as características e peculiaridades da região (variações sazonais, costumes alimentícios), chegando até a sua desativação. Lima no entanto, substituiu o forno rotativo do sistema de Di Bartolomeis por cinco etapas a saber: seleção magnética, triagem manual, trituração, secagem e peletização. Essas modificações permitiram solucionar o problema da incineração dos rejeitos de uma forma mais econômica e bastante salutar.

2.6.18.1 - Equipamentos postos em substituição ao forno rotativo de incineração dos rejeitos:

Como substituição ao forno rotativo, Lima adotou os seguintes equipamentos: eletroimã, esteira transportadora para triagem dos materiais passíveis de comercialização, moinho triturador de três eixos, secador por resistências elétricas localizado ao redor da transportadora helicoidal e prensa apropriada para peletizar a massa triturada.

2.6.18.2 - Metodologia: O processo é idêntico ao Fairfield-Hardy-Di Bartolomeis até o ponto em que os resíduos são levados ao forno rotativo. Nessa etapa, entram as modificações efetuadas por Lima. Depois da classificação automática do material orgânico e inorgânico, os resíduos são transportados por uma esteira e submetidos a ação de um eletroimã, tipo over-band, onde são retirados os metais ferrosos remanescentes. Passada essa fase, a massa orgânica sofre uma triagem manual, que retira materiais danosos ao processo de trituração e peletização.

Em seguida, essa massa orgânica é triturada no moinho de três eixos e posteriormente secada. Concluída mais essa etapa, o material triturado e seco é peletizado em prensa apropriada, sendo vendido, mais tarde como combustível para instalações térmicas de combustão interna ou externa, vide figura 2.15.

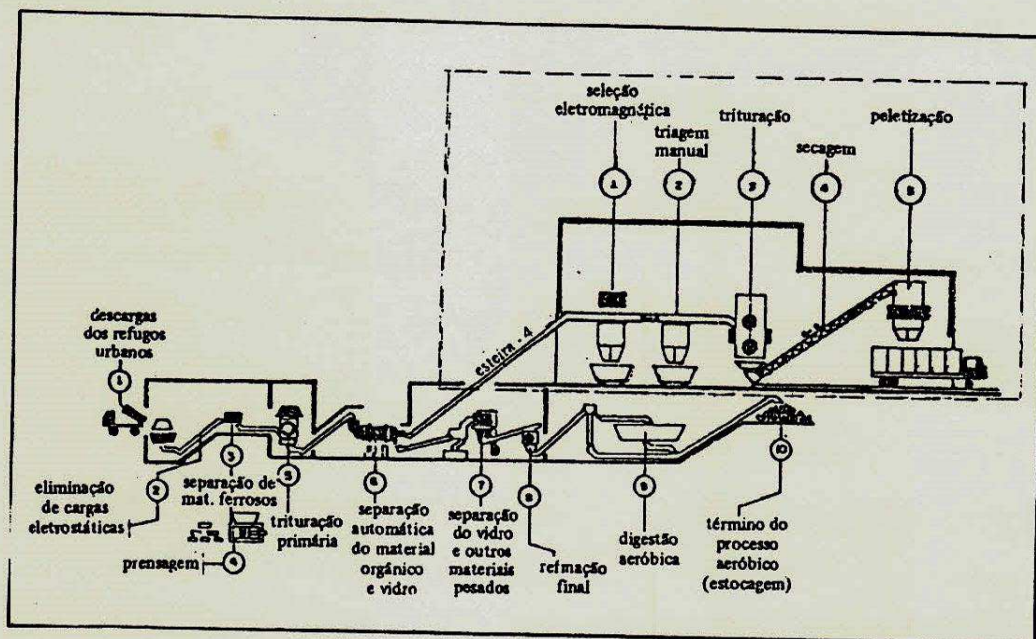


FIGURA 2.15 - Sistema Fairfield-Hardy-Lima.

2.6.19 - SISTEMA BIORAPID

Esse sistema foi desenvolvido em Roma, nos anos 70, pela Sorain Cechini S.A., com a esperança de produzir um composto "pronto para uso" em apenas 48 horas. A denominação Biorápid veio com a rapidez com que a matéria orgânica era digerida. O sistema é constituído de cinco fases distintas a saber: preparação da massa compostável, alimentação, deslocamento, secagem e extração e, peneiramento e qualificação do composto.

2.6.19.1 - Materia-prima utilizada para obter o composto: A matéria-prima utilizada para obter o composto era o lixo urbano.

2.6.19.2 - Equipamentos necessários ao funcionamento desse processo:

Basicamente o processo necessita dos seguintes equipamentos: trator tipo bob-cat, ponte rolante e garra tipo pólipos, di-

gestor, esteiras transportadoras, peneiras classificatórias, eletroimã e moinhos de martelos.

2.6.19.3 - Metodologia: Inicialmente os resíduos sofrem uma pré-seleção, sendo retirados materiais não combustíveis e impróprios ao sistema. A seleção pode ser executada em esteiras ou plataformas apropriadas e a triagem magnética é realizada com auxílio de um eletroimã. Em seguida, os resíduos são triturados num moinho de martelos, a fim de facilitar a digestão. Passada essa fase, a matéria orgânica livre de materiais inertes e finamente moída é colocada numa primeira fossa de espera. Posteriormente, esses resíduos são transferidos para um outro silo, através de uma garra tipo pólipó, que por sua vez possui um sistema hidráulico cuja finalidade é dosar a matéria orgânica dentro do digestor. Esse digestor é constituído de uma câmara, onde estão localizados o rotor de deslocamento da matéria orgânica, nebulizadores e exaustor ventilador. O rotor é um cilindro rotativo de eixo horizontal, localizado internamente ao digestor, ortogonal ao sentido do deslocamento, provido de pás, que ao girarem deslocam os resíduos dentro da câmara. Um carrinho montado sobre trilhos, desloca o rotor por toda a câmara.

As condições de temperaturas, umidade e movimento do rotor, são controlados por meio de um painel central. Passada mais essa fase, a matéria orgânica é seca, através de ar quente introduzido na parte final da câmara e extraída por meio de um rotor. Em seguida, todo esse material cai sobre um disco rotativo, que alimenta um conjunto de peneiras classificatórias. Desse peneiramento, obtém-se três produtos: resíduos leves, resíduos pesados e composto orgânico. Esse último, segundo a empresa, estaria pronto para o uso na agricultura, vide figura 2.16.

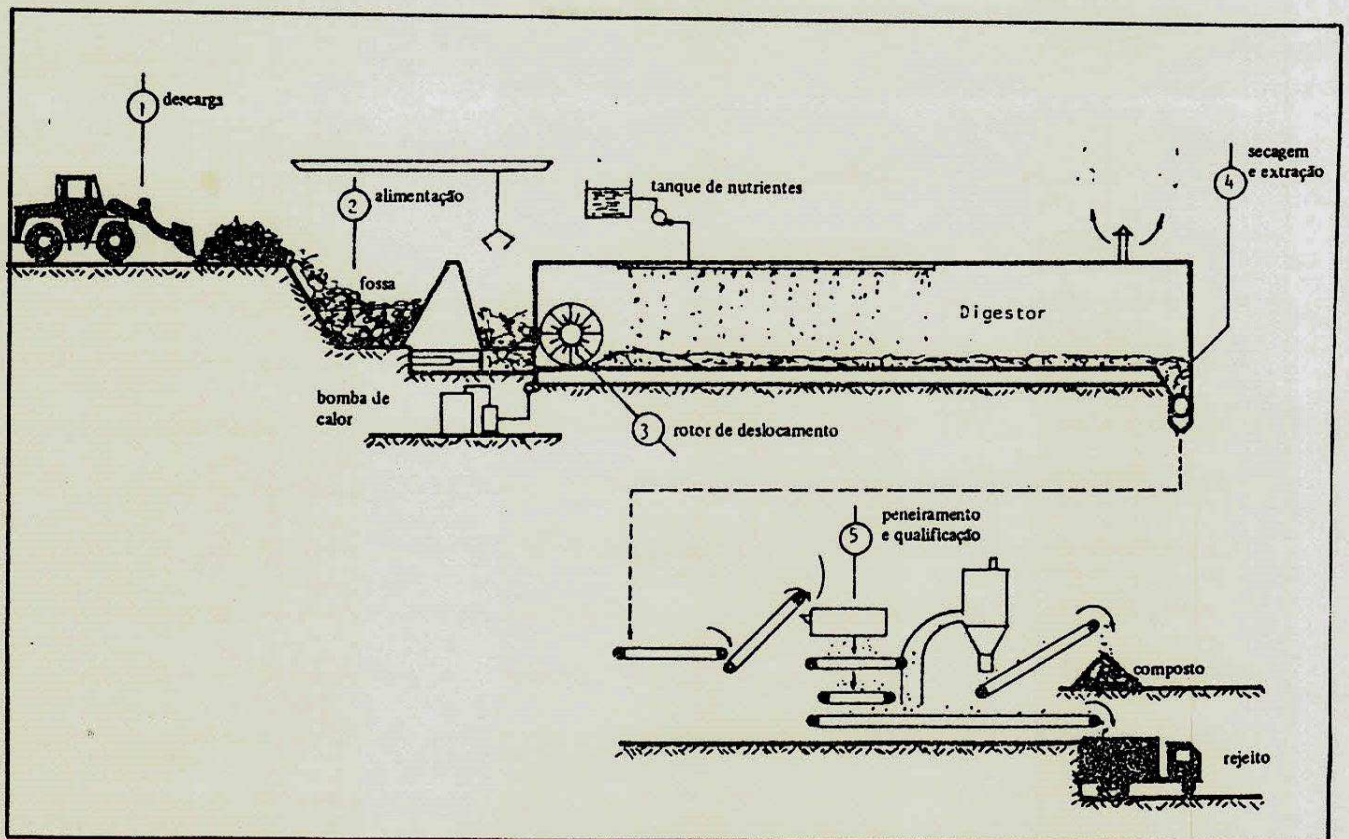


FIGURA 2.16 - Sistema Biorapid.

2.6.20 - SISTEMA VERMICOMPOSTING

Esse sistema utiliza minhocas para transformar substâncias biodegradáveis em compostos orgânicos. O primeiro sistema utilizado em escala industrial, foi desenvolvido no Canadá, em 1970, chegando a processar 75 toneladas de resíduos biodegradáveis por semana. A partir daí, outros países experimentaram a técnica e ampliaram a sua produção.

2.6.20.1 - Matéria-prima utilizada para obter o composto: Segundo LIMA (1991), "... em condições controladas as minhocas podem consumir, com elevada rapidez, quase que qualquer substância orgânica, inclusive resíduos industriais de difícil decomposição como serragem, sobras de papéis, Cascas de cereais...", lixo residencial com lodo de esgoto, lodo proveniente de fábricas de papel,

entre outros.

2.6.20.2 - Metodologia: Para conseguir o composto através desse método é necessário, primeiramente, construir um conjunto de peneiras, medindo 1 metro de comprimento por 0,5 metros de largura por 5 centímetros de altura, um sistema de alimentação, com água e nutrientes, sistemas de controle de umidade e temperatura, aquecedor/condicionador. Montada essa infraestrutura básica, coloca-se a matéria orgânica, previamente triturada e umedecida a 90%, nas bandejas juntamente com as minhocas. Mantém-se sobre controle a umidade e a temperatura e espera-se que passe o período de retenção, que varia em função da população. Concluída essa fase, as minhocas são removidas e o composto está pronto pra o uso, vide figura 2.17.

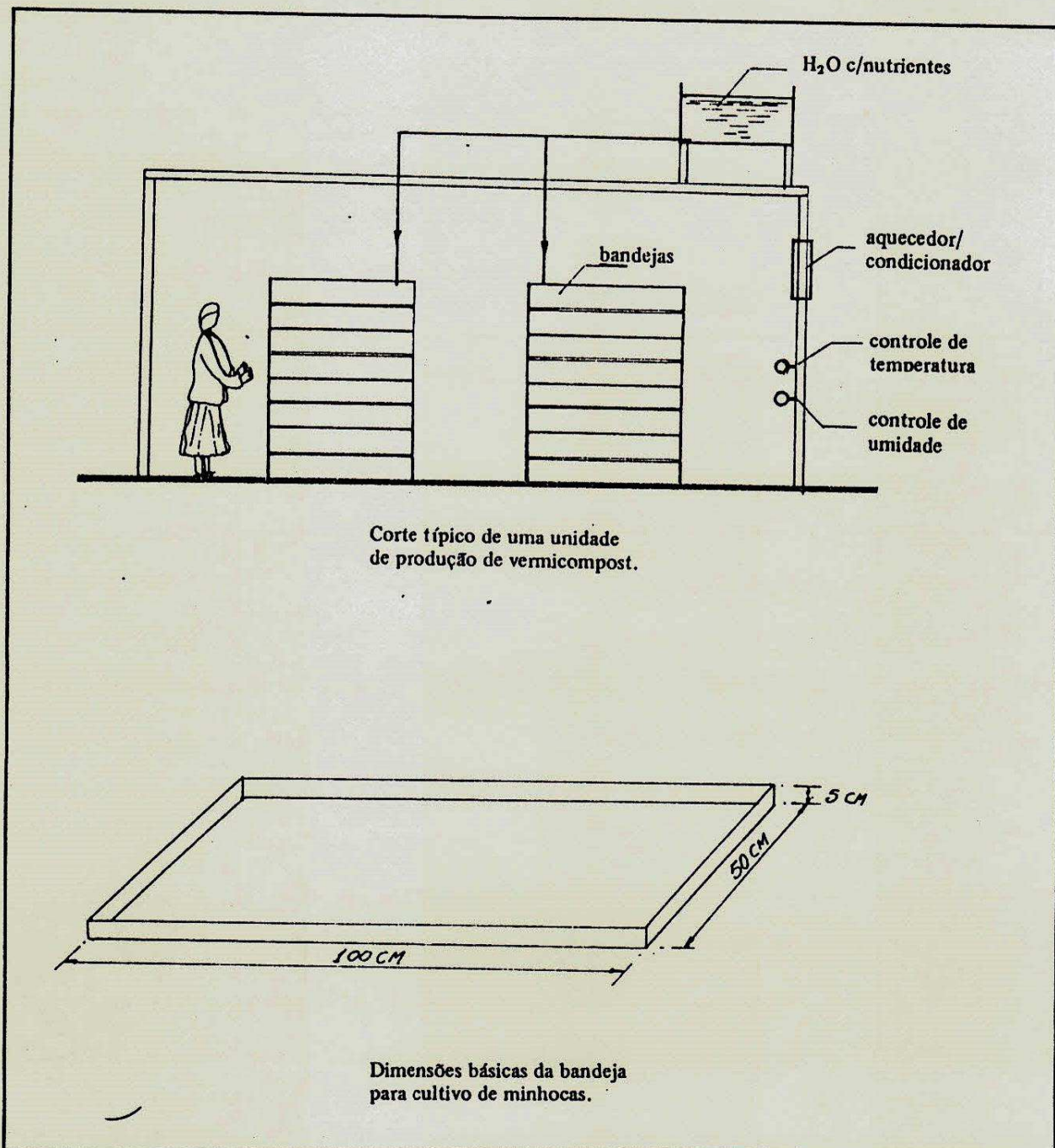


FIGURA 2.17 - Sistema Vermicompostino

2.6.21 - SISTEMA T.U.C.

Esse sistema foi desenvolvido pela empresa alemã, Techniken für Umweltschutz, Consult GmbH, em Düsseldorf, com o objetivo de

reciclar e compostar resíduos domésticos. Constituído, basicamente, de dez etapas distintas a saber: recepção e descarga, triagem manual, classificação de produtos leves e pesados, classificação eletromagnética, trituração das fracções leves e graúdas, separação pneumática, separação dos não-ferrosos, refinação, digestão e peneiramento.

2.6.21.1 - Equipamentos necessários ao funcionamento desse processo:

Esse é um sistema complexo, que necessita de uma série de equipamentos eletromecânicos a saber: trator com pá enchedeira tipo bob-cat, esteiras transportadoras, cilindro metálico rotativo classificador, eletroímãs, moinho de martelos e de facas, classificador pneumático, separador por indução para metais não-ferrosos, digestor e peneiras rotativas classificadoras.

2.6.21.2 - Metodologia: O lixo é inicialmente pesado e disposto numa plataforma plana. Em seguida, por intermédio de um trator com pá enchedeira, tipo bob-cat, descarrega esses resíduos em cima de uma esteira transportadora, que alimenta o sistema. Toda essa massa heterogênea segue e passa pelo setor de triagem manual, onde são retirados os materiais inertes passíveis de comercialização. Passada essa etapa, os remanescentes são direcionados ao classificador de produtos leves e pesados (um cilindro, metálico, rotativo, dotado de peneiras), aonde é realizada a seleção de substâncias leves e graúdas como papelões, plásticos e materiais pesados e miúdos como cacos de vidro. Concluída mais essa fase, os resíduos são submetidos a uma seleção eletromagnética de

onde são retirados os metais ferrosos existentes na massa orgânica. Posteriormente, essa massa, já triada, segue para a trituração num moinho de martelos, para em seguida, passar por uma separação pneumática, retirando-se os plásticos e outros materiais leves de alto poder calorífico. Continuando com o processo, a massa orgânica sofre a ação de um separador por indução, para retirar os metais não-ferrosos, ainda, contidos dentro dessa massa. Posteriormente, toda a matéria orgânica, livre de inertes, é refinada em moinhos de facas, providos de peneiras rotativas, sendo encaminhados ao digestor. Ali, depois de realizada a digestão, a massa é peneirada em peneiras rotativas, classificando o produto em composto de primeira e composto de segunda, vide figura 2.18.

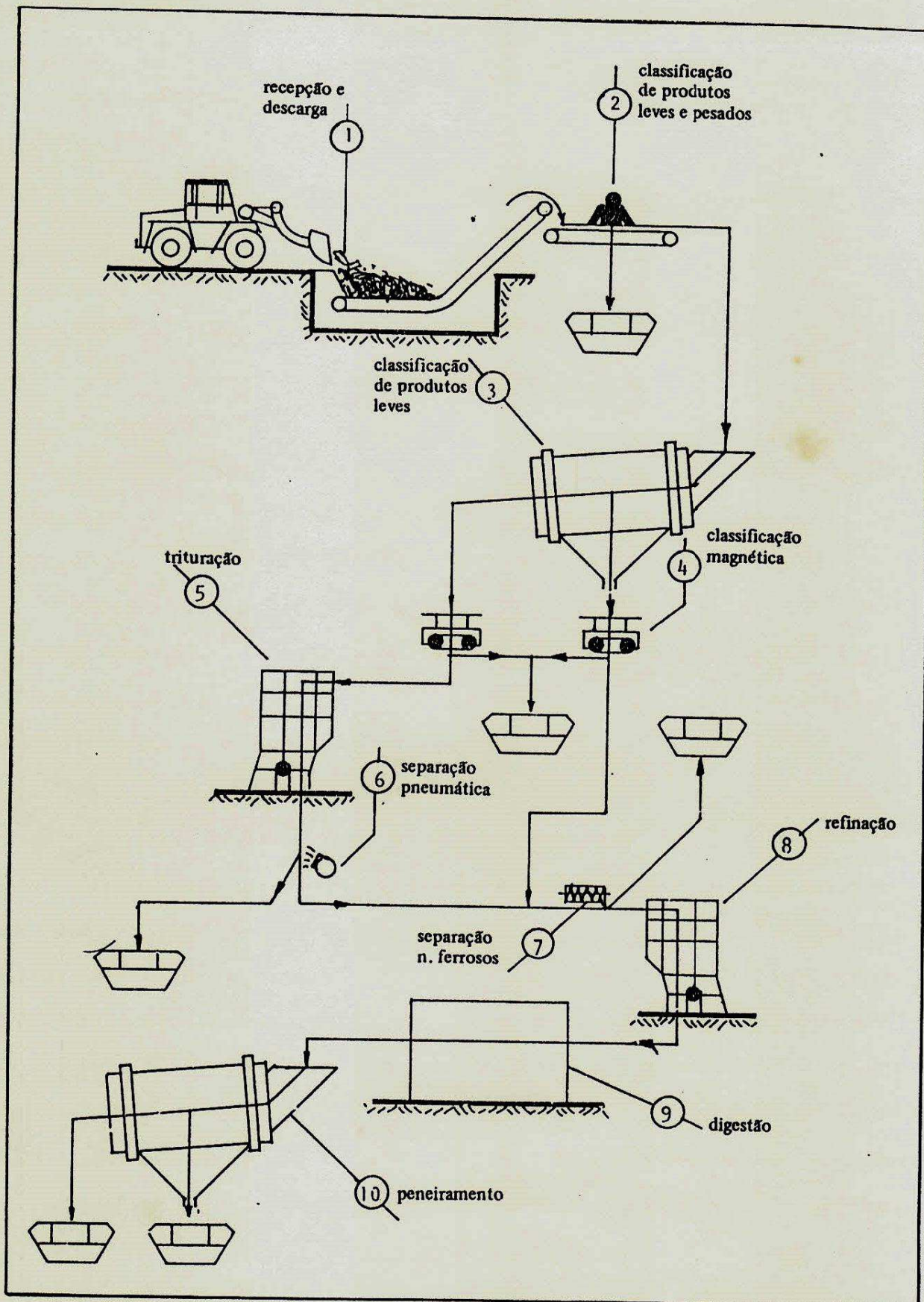


FIGURA 2.18 - Sistema T.U.C.

2.6.22 - SISTEMA PENIDO MONTEIRO-MANSUR

Esse sistema desenvolvido por José H. Penido Monteiro e Gilson Leite Mansur, tem como objetivo principal oferecer um processo de tratamento de lixo urbano de baixo custo a cidades de pequeno e médio porte, carentes de recursos técnicos e financeiros, tendo como ciclo operacional cinco fases distintas, a saber: recepção e seleção de materiais de grande porte, triagem manual, trituração, compostagem e peneiramento.

2.6.22.1 - Equipamentos necessários ao funcionamento desse processo:

Apesar de possuir tecnologia simplificada, esse sistema necessita dos seguintes equipamentos para o seu funcionamento: tambor metálico rotativo, esteiras transportadoras, moinho de martelos e peneira rotativa classificadora.

2.6.22.2 - Metodologia: Inicialmente o caminhão coletor descarrega os resíduos em um pátio encimentado, onde é realizada uma pré-seleção, sendo retirado do processo aqueles materiais grosseiros sem valor comercial, tais como: colchões velhos, tapetes e aparelhos sanitários. Após a pré-seleção, o material é colocado no tambor rotativo, que dispõe de estiletes internos, que dilaceram os sacos, deixando os resíduos soltos, facilitando a triagem na fase posterior. Concluída a fase de desagregação do lixo, este cai na esteira de triagem manual, aonde são retirados os materiais passíveis de comercialização, tais como: vidros, plásticos, latas, ossos, entre outros. Em seguida, a matéria orgânica segue para o moinho de martelos, para ser triturada e encaminhada ao

pátio de compostagem. Lá, são montadas as leiras a céu aberto, que sofrem reviramento periódico e permanecem por um período de aproximadamente 60 dias. Passado esse intervalo de tempo, o material é peneirado e comercializado posteriormente (PENIDO MONTEIRO & MANSUR, 1987), vide figura 2.19.

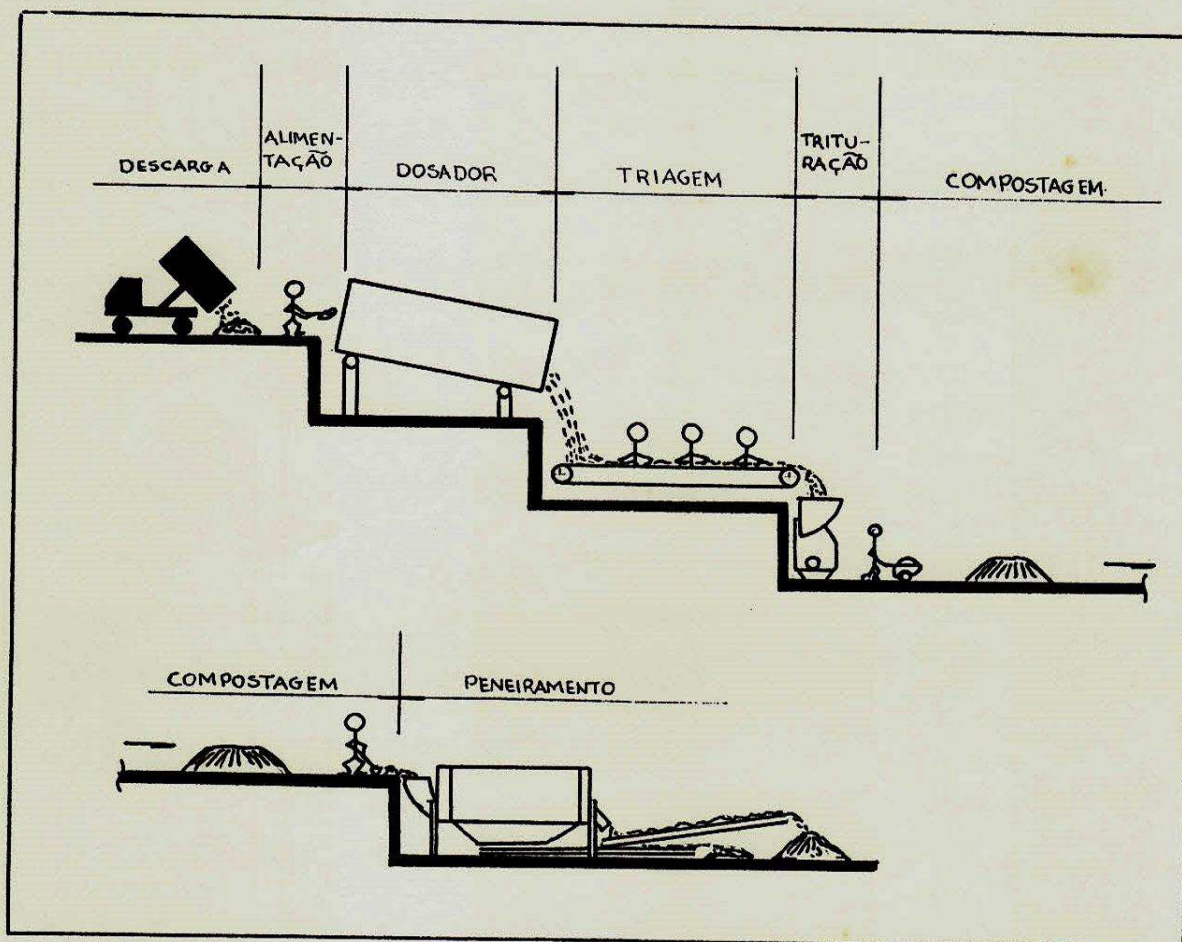


FIGURA 2.19 - Sistema Penido Monteiro-Mansur.

2.6.23 - SISTEMA F.N.S.

Esse sistema foi desenvolvido pela Fundação Nacional de Saúde (F.N.S.), antiga Fundação SESP, com a colaboração da Prefeitura Municipal da cidade de Esperança-FB, no ano de 1989, com o intuito de amenizar os problemas causados pelo lixo, naquela comunidade, tendo sua construção efetivada no dia 05 de maio de 1990 (FONSECA, 1993).

Devido a sua forma simplificada, hoje, esse modelo está em funcionamento em dez municípios do Estado da Paraíba. Basicamente, o processo está dividido nas seguintes etapas: recepção e alimentação manual, triagem manual, pesagem, compostagem e peneiramento.

2.6.23.1 - Matéria-prima utilizada para obter o composto: A matéria-prima utilizada para obter o composto é o lixo urbano, sendo algumas vezes usado como inoculante o material proveniente de estâbulos.

2.6.23.2 - Equipamentos necessários ao funcionamento desse processo:

Esse sistema é bastante simplificado, necessitando para o seu funcionamento, basicamente, ferramentas manuais, tais como: pás, enchadas, carrinho de mão tipo "jerico" e ferramentas de madeira, confeccionadas pela própria F.N.S.

2.6.23.3 - Metodologia: O caminhão ao chegar na usina, descarrega os resíduos na câmara de recepção, aonde dois operários, utilizando pás abastecem a mesa de triagem. Nessa mesa, de seis a oito funcionários, selecionam os materiais passíveis de comercialização. Em seguida, o material, que fica na mesa, é pesado e encaminhado ao pátio de compostagem. Tal transporte é realizado em carrinhos de mão. No pátio, o composto permanece de 60 a 90 dias. Durante esse período, as leiras sofrem, ocasionalmente, reviramento manual, com controle diário de temperatura e a umidade é corrigida manualmente, por meio de uma mangueira, quando necessário. No final dos 60 a 90 dias o material é peneirado. Os finos são

comercializados e os grãos utilizados como material de cobertura num "aterro sanitário" ao lado da unidade (ONUJI et alii, 1989). vide figura 2.20.

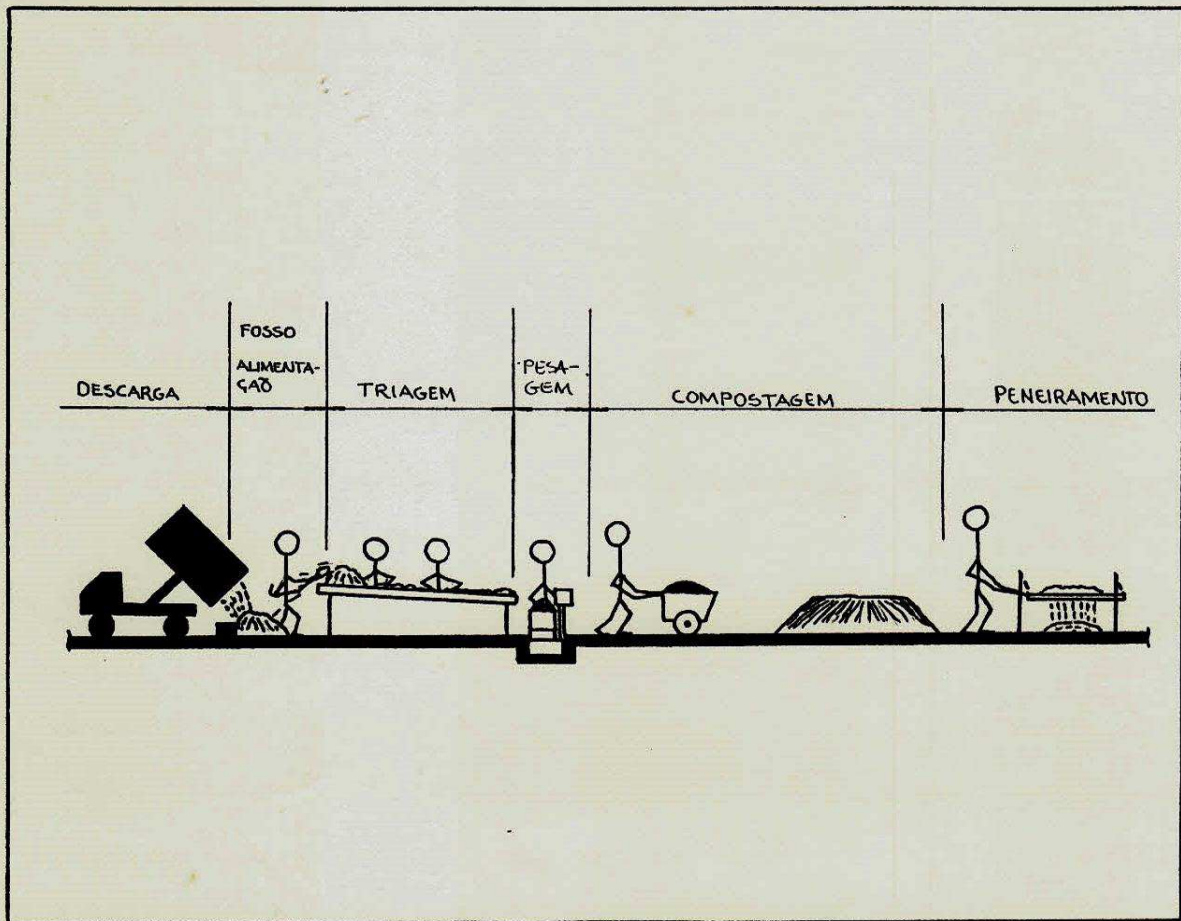


FIGURA 2.20 - Sistema Fundação Nacional de Saúde (F.N.S.).

2.6.24 - SISTEMA IGUAÇUMEC

Esse sistema foi desenvolvido pela empresa, paranaense, Iguacumec Eletrônica LTDA, com o intuito de processar 120 toneladas de lixo por dia. Trata-se de um sistema mecanizado dividido em seis etapas distintas, a saber: descarga e alimentação, dosagem dos resíduos, triagem manual, trituração, compostagem e peneiramento.

2.6.24.1 - Equipamentos necessários ao funcionamento desse processo:

Os equipamentos necessários ao funcionamento do processo, são: garra hidráulica tipo pólipó, tremonha metálica dosadora, esteiras transportadoras, moinho de martelos e peneiras vibratórias.

2.6.24.2 - Metodologia: O caminhão coletor ao chegar na usina, descarrega os resíduos num fosso de concreto, que possui capacidade para três dias de funcionamento, caso haja alguma paralisação no sistema de coleta. A partir daí, o sistema eletromecânico é acionado. Um funcionário operando uma garra tipo pólipó, retira e abastece com lixo uma tremonha, metálica, que dosa esses resíduos numa esteira transportadora, aonde é realizada a triagem manual. Paralelamente a essa esteira, de 20 a 24 catadores retiram, da massa, os materiais passíveis de reciclagem. Ao final dessa esteira, encontra-se a abertura do moinho triturador. Os resíduos livres, em grande parte, de materiais inertes, sofrem redução de granulometria, caindo numa esteira elevatória, que transporta o triturado para uma área mais afastada, sendo posteriormente confeccionadas as leiras. No pátio, essas leiras permanecem de 60 a 90 dias, quando, então, todo o material é peneirado, sendo retirado dois tipos de adubos: o de primeira e o de segunda qualidade. Posteriormente, tanto os reciclados como o composto são comercializados (CATALOGO TECNICO IGUAÇUMEC ELETRONICA LTDA, 1988), vide figura 2.21.

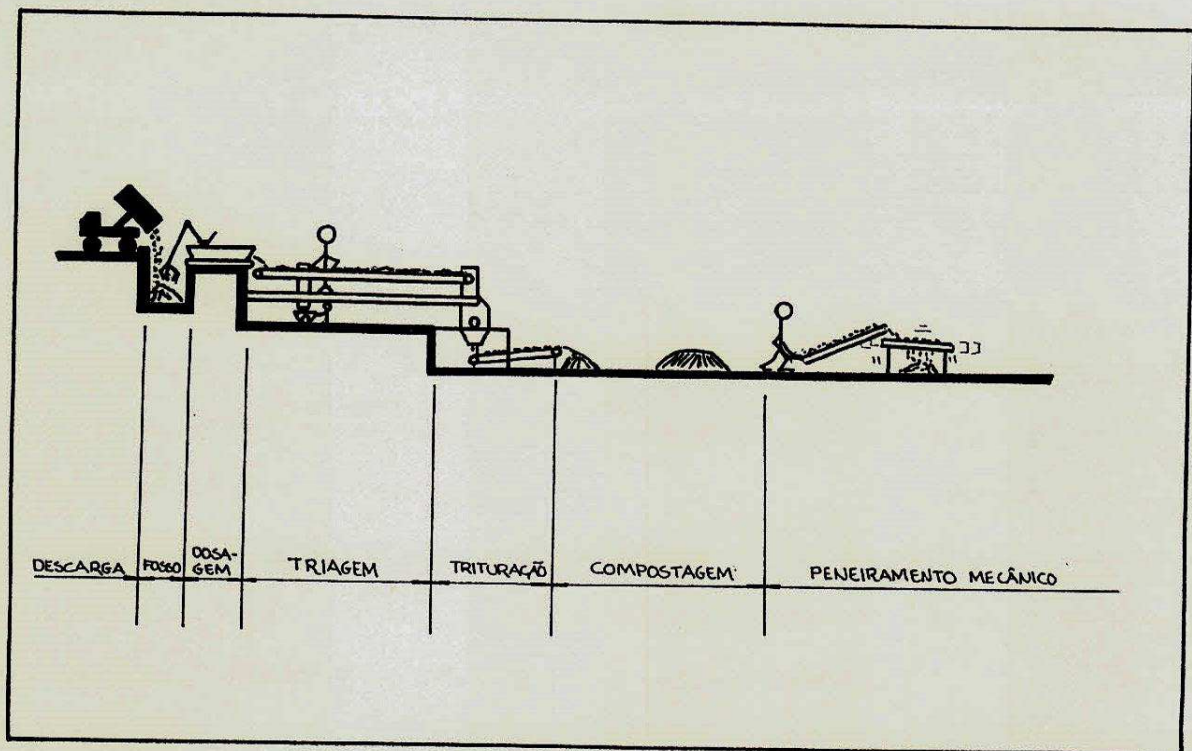


FIGURA 2.21 - Sistema Iguaçumec.

2.6.25 - SISTEMA STOLLMEIER

Esse sistema foi desenvolvido pela empresa gaúcha Stollmeier Indústria de Peças LTDA, localizada em Panambi-RS, com o objetivo de oferecer a prefeituras municipais, um processo, que empregue equipamentos simples e de baixo custo de aquisição no tratamento de lixo urbano. O sistema está dividido em cinco etapas, a saber: recepção e dosagem, triagem manual, trituração, compostagem e peneiramento.

2.6.25.1 - Equipamentos necessários ao funcionamento desse processo:

Esse processo emprega, basicamente, os seguintes equipamentos: um silo metálico dosador, esteira transportadora, moinho de martelos e peneiras rotativas.

2.6.25.2 - Metodologia: O caminhão ao chegar na usina, descarrega os resíduos num pátio encimentado. Em seguida, por ação de operários os resíduos são dispostos num silo metálico, que por sua vez, dosa o material em cima de uma correia transportadora. A partir daí, operários postos paralelamente à esteira, retiram os materiais passíveis de comercialização. O restante do material livre de inertes, tais como: vidros, plásticos e latas, são triturados num moinho de martelos. Posteriormente, essa massa triturada é encaminhada a um pátio para compostar e ao fim do processo é peneirado, retirando-se o composto pronto para a comercialização (CATALOGO TECNICO - STOLLMEIER), vide figura 2.22.

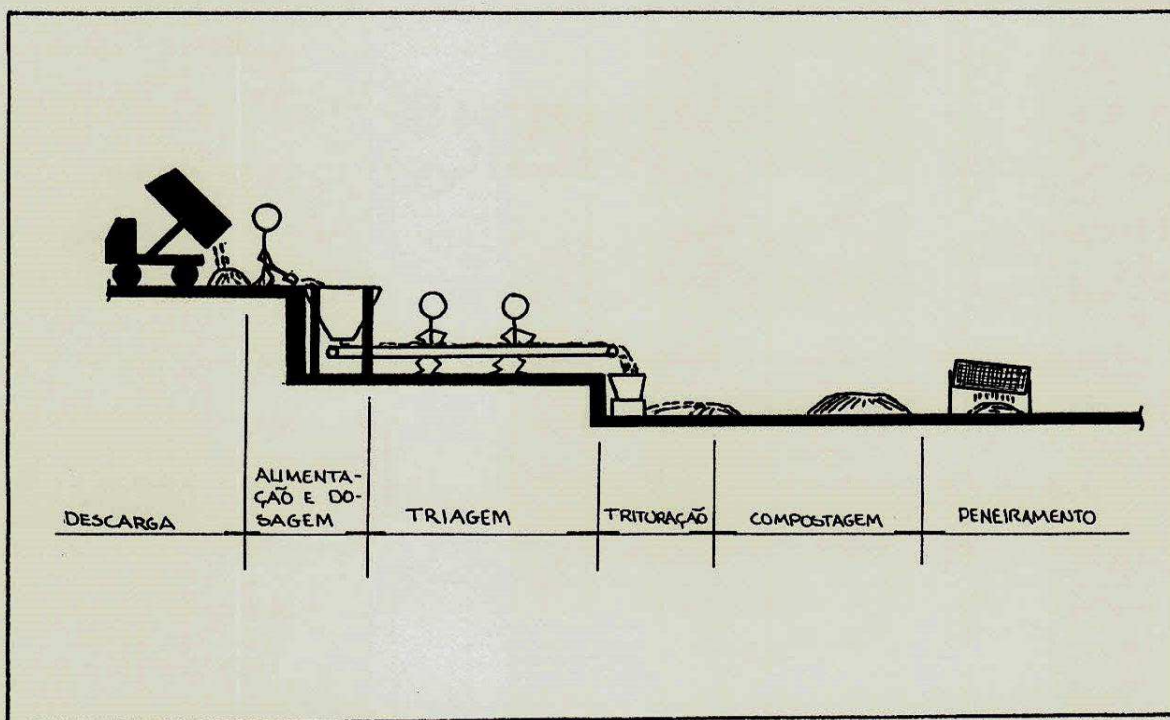


FIGURA 2.22 - Sistema Stollmeier.

Dentre os sistemas apresentados neste capítulo, podemos ainda citar: O ECOBRAS, O TRIGA, O FAÇO (LINDENBERG, R.C., 1991), O PRAT, O NUSOIL, O RIKER ... Todos eles projetados com o objetivo de dar um tratamento adequado aos resíduos sólidos urbanos. No entanto, para escolher ou desenvolver algum método de tratamento

de resíduos sólidos é necessário realizar estudos preliminares, que vão desde a composição gravimétrica do lixo às condições topográficas, hidrológicas e geológicas do terreno, passando por hábitos e costumes da população. Tudo isso é necessário, para que a decisão a ser tomada seja sempre cercada de um forte respaldo científico, evitando-se, assim, desperdícios e prováveis insucessos. No capítulo III, procuraremos delinear de forma mais aprofundada esses aspectos.

2.6 - CONCLUSÃO

O processo de compostagem depende de inúmeros fatores, tais como: controle de temperatura, controle de oxigenação, controle da umidade presente no interior da massa, concentração de nutrientes, granulometria, forma e disposição das leiras no pátio de compostagem, para se obter um produto biologicamente estável e resistente à ação das espécies consumidoras.

Com relação aos sistemas de reciclagem e compostagem, pode-se dizer que existem muitos, todos buscando retirar o máximo de sua eficiência. No entanto, é necessário, sempre, um forte respaldo técnico-científico, voltado para as condições sócio-econômicas de cada região.

3.0 - PARAMETROS QUE INFLUENCIAM NA ESCOLHA E NO PROJETO DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS.

3.1 - INTRODUÇÃO

Existem, hoje, diversas alternativas destinadas ao tratamento de resíduos sólidos urbanos. Todavia, é imperioso o respaldo técnico-científico na escolha do sistema que melhor se adapte as condições ambientais, sociais, econômicas e sanitárias de cada região.

A preocupação com tais condições, visa retirar a máxima eficiência do sistema, garantindo o sucesso do projeto.

Em países em desenvolvimento, com clima tropical como o Brasil, por exemplo, as condições de temperatura, umidade, pluviometria, teor de matéria orgânica presente no lixo, aliadas aos baixos recursos técnicos-financeiros, são pontos de extrema relevância na escolha de tecnologias de tratamento de resíduos sólidos urbanos. Muitos municípios já tiveram seus projetos desativados devido a não observância desses pontos. Como exemplo, pode-se citar o caso da usina de tratamento de lixo urbano da cidade de João Pessoa, Paraíba. Originalmente, a usina destinava-se a tratar 120 toneladas diárias de resíduos urbanos. Mas devido a inúmeros fatores, tais como: má localização, altos custos de manutenção do sistema, baixa eficiência no tratamento dos resíduos (1/3 da capacidade), pequena área física para a compostagem, terreno com grande infiltração de água... levaram o projeto ao insucesso, tendo suas operações paralizadas, necessitando ser removida para outro local. Tal falta de visão projetual causou um grande desperdício de dinheiro público, sem contar com os incômodos causados à população, devido aos gases

mal-cheirosos vindos dessa instalação de tratamento.

Infelizmente, essas situações são corriqueiras aqui no Brasil, devido aos responsáveis pelos setores ou departamentos de limpeza, quase sempre, serem despreparados para tal função. Aproveitando-se disso, muitas empresas vendem verdadeiras obras faraônicas as prefeituras locais, com o intuito de sanar os problemas sanitários causados pelo lixo. No entanto, o que se observa, em vários estados do país, são situações como esta narrada anteriormente: usinas paradas ou desativadas, por motivos que vão desde a falta de pessoal treinado para analisar projetos dessa natureza, até a falta de recursos técnicos-financeiros para a manutenção do sistema em operação.

Com o objetivo de dar uma contribuição a área de tratamento de resíduos sólidos urbanos é apresentada uma sequência de procedimentos, Figura 3.1, na qual abordam-se os principais parâmetros que influenciam a escolha e/ou a elaboração de projetos de usinas de reciclagem e compostagem de resíduos sólidos domiciliares.

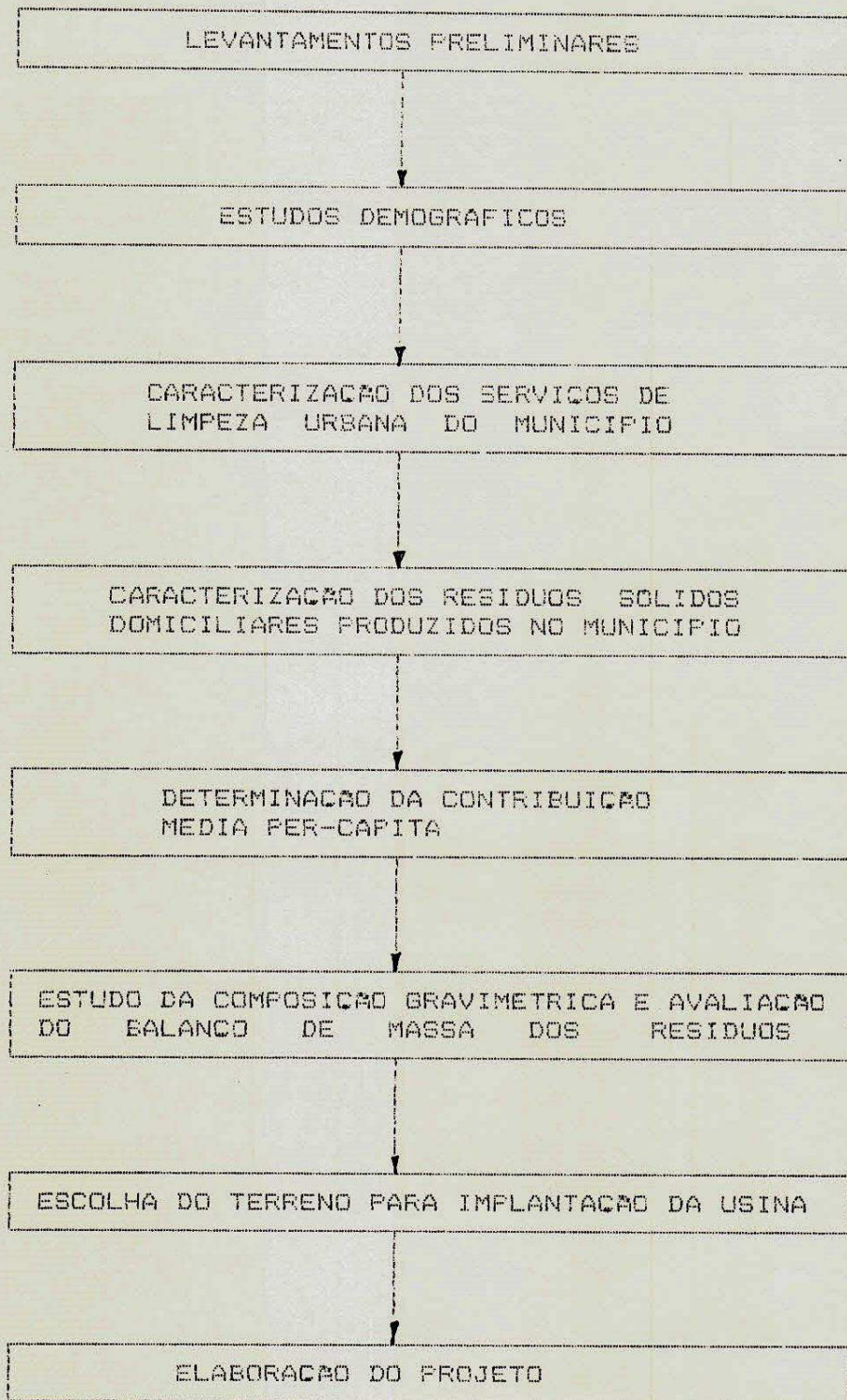


Figura 3.1 - Parametros que influenciam na escolha ou no projeto de usinas de tratamento de residuos sólidos urbanos.

3.2 - LEVANTAMENTOS PRELIMINARES

Esse estudo inicial, visa levantar informações gerais sobre o município, procurando dar uma orientação prévia ao projetista sobre os seguintes pontos:

- . caracterização física e sócio-econômica.
- . dados meteorológicos.
- . dados hidrológicos.
- . características hidrológicas.
- . características de vegetação e relevo e.
- . previsão de implantação de futuros projetos urbanísticos.

Com esses dados é possível ter uma idéia do potencial de mercado dos reciclados e das áreas disponíveis para a implantação do projeto.

3.3 - ESTUDOS DEMOGRAFICOS

Os estudos demográficos do município são muito importantes na elaboração do projeto, pois ajuda a efetuar os cálculos de produção de lixo, distribuição de veículos coletores, além de prever folgas para atender novas áreas de produção de lixo que surgirem. Para isso faz-se necessário conhecer:

- . o crescimento demográfico do município.
- . a dinâmica de crescimento do município.
- . como são as localidades em torno da área em estudo, com relação a seus níveis populacionais e,
- . quais as projecões urbanísticas do município.

3.4 - CARACTERIZAÇÃO DOS SERVIÇOS DE LIMPEZA URBANA DO MUNICÍPIO

A caracterização dos serviços de limpeza urbana, permite re-

velar como funciona o serviço de limpeza urbana do município. Para isso faz-se necessário conhecer:

- . o órgão responsável pela limpeza urbana.
- . quais os serviços prestados pelo órgão de limpeza urbana.
- . o número de funcionários lotados por tipo de serviço.
- . os tipos de veículos, equipamentos e ferramentas existentes.
- . a localização das unidades operacionais.
- . as áreas atendidas pelo serviço de limpeza urbana.
- . a destinação final dos resíduos sólidos e,
- . caso exista, a legislação municipal que trata da limpeza urbana.

Com essas informações, pode-se dimensionar corretamente e utilizar todos os recursos disponíveis para garantir a continuidade da execução dos serviços de coleta, transporte e destino final dos resíduos sólidos que, conseqüentemente, abastecerá a unidade de tratamento de lixo (usina).

3.5 - CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DOMICILIARES PRODUZIDOS NO MUNICÍPIO

A caracterização dos resíduos sólidos domiciliares de um município é uma tarefa não muito fácil de ser realizada, em virtude dos fatores que podem influenciar na origem e formação do lixo (número de habitantes, variações sazonais, poder aquisitivo...). No entanto, esta é a etapa mais importante no dimensionamento do sistema de tratamento de lixo, pois influi diretamente na seleção dos equipamentos, instalações e formas de obtenção do composto.

Nessa caracterização, procura-se determinar os seguintes dados:

- . características físicas do lixo (densidade e granulome-

tria).

- . características químicas do lixo (Nitrogenio, Fósforo, Potássio, Carbono, relação Carbono/Nitrogenio e metais).

- . características fisico-químicas do lixo (umidade, PH, sólidos voláteis e sólidos fixos) e.

- . as características microbiológicas do lixo (contagem de coliformes fecais e estreptococos).

3.6 - DETERMINAÇÃO DA CONTRIBUIÇÃO MÉDIA PER-CAPITA DE LIXO PRODUZIDO NO MUNICÍPIO

A contribuição média per-cápita de lixo produzido no município é outro fator importante no dimensionamento do sistema de tratamento de lixo, pois além de fornecer a quantidade de lixo produzido por pessoa dia, fornece dados necessários ao escalonamento do tipo e da quantidade de veículos e número de funcionários para a limpeza e coleta dos resíduos nas áreas em estudo.

Esses dados são obtidos a partir da determinação da contribuição per-cápita das seguintes rotas:

- . rota comercial.
- . rota residencial de classe alta, média e baixa.

3.7 - ESTUDO DA COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA E AVALIAÇÃO DO BALANÇO DE MASSA DOS RESÍDUOS.

Com o estudo da composição gravimétrica e avaliação do balanço de massa dos resíduos, estima-se a receita do sistema na venda de reciclados, dimensiona-se baias, áreas de estocagem e equipamentos utilizados no processo de reciclagem e compostagem. Para isso faz-se necessário determinar:

- . o quanto de papel, papelão, vidro, plástico, metal, couro,

trapo, madeira, borracha, matéria putrecível, areia e outros inertes que estão presentes no lixo.

. a estimativa de produção de composto e rejeito produzidos pelo sistema de tratamento.

3.8 - ESCOLHA DO TERRENO PARA IMPLANTAÇÃO DA USINA

Concluídas as fases anteriores, passa-se, agora, a avaliar todos os dados conseguidos e a seleccionar as áreas mais propícias a instalação do sistema de tratamento de lixo.

Essas áreas em estudo devem ser submetidas a vários tipos de levantamentos, a fim de que elas não venham a se constituir em problemas futuros, ocasionando o fracasso do projeto.

A segurança na escolha do terreno deverá passar pelos seguintes levantamentos:

. Estudos básicos:

- Levantamentos de áreas disponíveis com distâncias próximas do centro geométrico do lixo, para que os gastos com o transporte sejam minimizados.

- verificar se, nessas áreas disponíveis, existem depressões, pedreiras desativadas ou outras formas de topografia, que sirva, a princípio, como área de "aterro sanitário", para o sistema de tratamento de lixo.

- verificar se existe, nas vizinhanças, jazidas de material para cobertura do rejeito produzido na usina.

- verificar se existe vias de acesso disponível ou de fácil construção a essas áreas.

- verificar se essas áreas possuem sistema de abastecimento de água e energia. Caso exista a que distância fica do centro geo-

métrico da área em estudo.

. Escolha do terreno: Escolhido a área para a locação da usina realizar:

- levantamentos topográficos, os quais permitirão estimar custos das obras civis.

- levantamentos geotécnicos, os quais permitirão avaliar as condições de permeabilidade, compactidade e constituição do solo.

- levantamentos hidrológicos, os quais fornecerão dados sobre profundidade de lençóis freáticos, nascentes e aquíferos.

- um estudo de impacto ambiental, com o objetivo de responder a perguntas, tais como:

a) O que pode acontecer ao meio ambiente como resultado da implantação do projeto?

b) Qual será a extensão das alterações?

c) As alterações são importantes?

d) O que poderá ser feito para minimizá-los?

e) O que precisa ser feito para informar isso aos tomadores de decisão?.

. Levantamentos específicos:

- Área necessária ao projeto, com alcance, suficiente, para vários anos de atividade.

- estimativa de peso específico do lixo compactado, o qual fornecerá dados importantes no dimensionamento do aterro sanitário e,

- análise dos sistemas de tratamento de lixo, levando-se em consideração as condições sócio-econômicas do município.

Em síntese, poderíamos pensar e refletir sobre o impacto am-

biental que o projeto poderá trazer ao longo do tempo.

3.9 - ELABORAÇÃO DO PROJETO

Com todos os dados relativos ao terreno, sistemas de tratamento, manuseio e tipo de lixo produzido no município, elabora-se o projeto.

Basicamente, o projeto do sistema de tratamento passará pelos seguintes pontos:

- . definição do modelo de sistema de tratamento.
- . elaboração de lay-out.
- . elaboração do projeto técnico.
- . descrição do sistema de tratamento.
- . balanço de massa da usina.
- . perspectivas de mercado e.
- . estimativas de custos e receitas.

3.10 - CONCLUSÃO

Existem inúmeros fatores que podem influenciar um projeto de usinas de reciclagem e compostagem de resíduos sólidos urbanos. No entanto, para se ter êxito, evitando-se equívocos e desperdícios é preciso, antes de tudo, realizar certos estudos e levantamentos preliminares, que vão desde estudos demográficos até a escolha do terreno.

Tais procedimentos, certamente, darão um nível de segurança e acerto, mais elevado, ao projeto proposto.

4.0 - DESENVOLVIMENTO DE CONCEPÇÕES DE SISTEMAS DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

4.1 - INTRODUÇÃO

Como pode ser observado, nos capítulos II e III, existe uma grande variedade de sistemas e parâmetros envolvidos no dimensionamento de usinas de reciclagem e compostagem. Devido a isso e com o objetivo de melhor visualizar os parâmetros e concepções envolvidos no processo, é utilizado o método morfológico (BACK,1983; OGLIARI,1990) no desenvolvimento de soluções alternativas.

Através desse método, espera-se obter de forma mais clara e sistemática as várias alternativas de combinações possíveis na elaboração de um projeto de tratamento de resíduos sólidos urbano. Para isso, faz-se necessário, apenas, um arranjo entre as linhas e colunas da matriz morfológica, para se conseguir as possíveis soluções do problema.

4.2 - ELABORAÇÃO DA MATRIZ MORFOLOGICA

A elaboração da matriz morfológica é realizada a partir do conhecimento das várias fases do processo de reciclagem e compostagem, a saber:

- 1) descarga e recepção dos resíduos.
- 2) alimentação do sistema.
- 3) triagem dos materiais passíveis de comercialização.
- 4) trituração da matéria orgânica.
- 5) homogeneização, fermentação e cura da matéria orgânica.
- 6) peneiramento do material estabilizado.

Essas fases, por sua vez, possuem inúmeras alternativas de funcionamento. Com base nisso, foi elaborado uma listagem que permitiu compor os elementos da matriz, auxiliando no desenvolvimento das soluções alternativas para a elaboração do projeto piloto da usina de tratamento de resíduos sólidos domiciliares para o estado da Paraíba.

A listagem apresentada a seguir está de acordo com o fluxo básico de funcionamento de uma instalação básica para tratamento de lixo domiciliar.

1 - Descarga e recepção dos resíduos

1.1 - Forma do fosso

1.1.1 - Meia lua

1.1.2 - Trapezoidal

1.1.3 - Plano

1.1.4 - Plano, com tela para eliminação da areia

1.2 - Material utilizado na confecção do fosso

1.2.1 - Concreto armado

1.2.2 - Chapas de aço

1.2.3 - Paralelepípedos

2 - Alimentação do sistema

2.1 - Quanto ao sistema utilizado

2.1.1 - Manual

2.1.2 - Mecanizado

2.2 - Equipamentos utilizados no processo de alimenta-

ção

2.2.1 - Esteira metálica (base movediça)

2.2.2 - Garra hidráulica tipo pólipó

2.2.3 - Trator com pá carregadeira

2.2.4 - Pás, enxadadas e garfos

2.2.5 - Cilindro hidráulico

2.2.6 - Correia transportadora

3 - Triagem dos materiais passíveis de comercialização

3.1 - Quanto ao sistema

3.1.1 - Com movimento

3.1.2 - Sem movimento

3.2 - Sistemas e equipamentos utilizados no processo de triagem dos reciclados

3.2.1 - Correia transportadora com catação manual

3.2.2 - Correia transportadora com catação manual e seleção eletromagnética

3.2.3 - Correia transportadora com catação manual, seleção eletromagnética e separação balística

3.2.4 - Mesa de alvenaria com catação manual

3.2.5 - Mesa de alvenaria, com tela e catação manual

3.2.6 - Tambores rotativos

4 - Trituração da matéria orgânica

4.1 - Equipamentos utilizados na trituração da matéria orgânica

4.1.1 - Moinhos de martelos

4.1.2 - Moinhos de bolas

4.1.3 - Moinhos de facas

4.1.4 - Raspadores (Dorr-Oliver)

5 - Homogeneização, fermentação e cura da matéria orgânica

5.1 - Equipamentos utilizados na homogeneização, fermentação e cura da matéria orgânica

5.1.1 - Pátios com reviramento manual

5.1.2 - Pátios com reviramento mecânico

5.1.3 - Câmaras mistas (aeróbias e anaeróbias)

5.1.4 - Torre de digestão e pátio de cura

5.1.5 - Tanques de concreto com pás revolventoras e pátio de cura

5.1.6 - Cilindros metálicos rotativos e pátio de cura

5.2 - Material utilizado na construção do pátio de cura

5.2.1 - Paralelepípedos

5.2.2 - Terra batida

5.2.3 - Cimento

6 - Peneiramento do material estabilizado

6.1 - Quanto ao tipo de sistema utilizado

6.1.1 - Manual

6.1.2 - Eletromecânico

6.2 - Quanto a forma da peneira

6.2.1 - Cilíndrica

6.2.2 - Plana

A próxima etapa é a representação gráfica dessas soluções, com a finalidade de facilitar a construção, manuseio e visualização da matriz.

Nas figuras 4.1 a 4.10. tem-se a descrição e representação gráfica das várias soluções apresentadas para as fases do processo de triagem e compostagem de resíduos sólidos domiciliares.

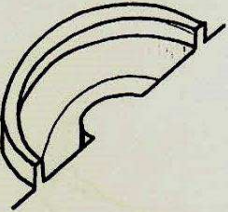
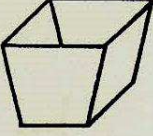
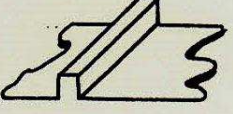
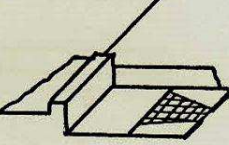
	<p>1.1.1 - Fosso em meia lua Utilizado em usinas que possuem garra tipo pólipo no sistema de desabastecimento desse fosso.</p>
	<p>1.1.2 - Fosso trapezoidal Geralmente confeccionados em chapas de aço.</p>
	<p>1.1.3 - Fosso plano Geralmente utilizados em sistemas simplificados. Necessita de trator com pá enchedeira ou trabalho braçal para alimentação do sistema.</p>
	<p>1.1.4 - Fosso plano, com tela para eliminação da areia Sistema testado em escala real, nesta pesquisa, na usina de compostagem da cidade de Esperança-PB.</p>

Figura 4.1 - Tipos de fosso usados na descarga e recepção do lixo.



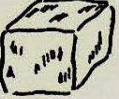
	<p>1.2.1 - Material utilizado na confecção do fosso: concreto</p>
	<p>1.2.2 - Material utilizado na confecção do fosso: chapa de aço</p>
	<p>1.2.3 - Material utilizado na confecção do fosso: paralelepípedos</p>

Figura 4.2 - Materiais utilizados na construção dos fossos de recepção e descarga do lixo.


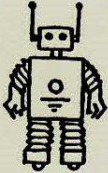
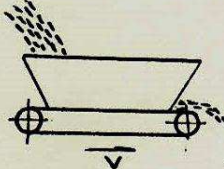
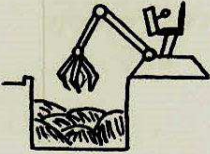
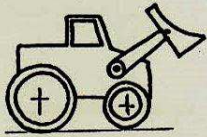
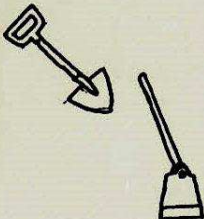
	<p>2.1.1 - Sistema de alimentação manual Utilizado em usinas artesanais ou sistemas simplificados.</p>
	<p>2.1.2 - Sistema de alimentação mecanizado Utilizado em usinas de médio e grande porte.</p>

Figura 4.3 - Tipos de sistemas utilizados na alimentação dos resíduos no processo de reciclagem e compostagem de lixo.

	<p>2.2.1 - Esteira metálica (base movediça) Sistema eletromecânico utilizado para desabastecer o fosso e alimentar o sistema.</p>
	<p>2.2.2 - Garra hidráulica tipo pólipa Sistema móvel de garras, acionadas por fluido hidráulico, comandada por um operador, destinada a desabastecer o fosso e alimentar o sistema.</p>
	<p>2.2.3 - Trator com pá carregadeira Sistema utilizado, principalmente, quando os resíduos são dispostos no chão.</p>
	<p>2.2.4 - Pás, enxadas e garfos Equipamentos manuais utilizados em usinas artesanais, onde o emprego da mão-de-obra é farta e barata.</p>

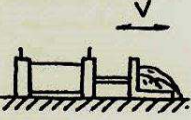
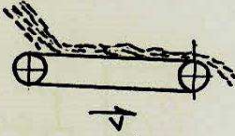
	<p>2.2.5 - Cilindro hidráulico Sistema acionado por fluido hidráulico, utilizado como dosador dos resíduos no sistema.</p>
	<p>2.2.6 - Correias transportadoras Sistema móvel utilizados em pequenas e médias usinas, destinado a alimentar o sistema.</p>

Figura 4.4 - Equipamentos utilizados no desabastecimento do fosso e alimentação do sistema.

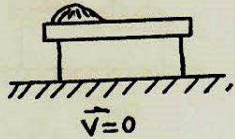
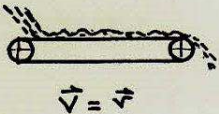
	<p>3.1.1 - Triagem dos reciclados, utilizando sistema com movimento. Sistema utilizado em pequenas usinas de reciclagem e compostagem de lixo.</p>
	<p>3.1.2 - Triagem dos reciclados, utilizando sistema sem movimento. Sistema utilizado em usinas artesanais e em sistemas simplificados de reciclagem e compostagem de lixo.</p>

Figura 4.5 - Tipos de sistemas utilizados na triagem dos materiais passíveis de comercialização nas usinas de triagem e compostagem de lixo.

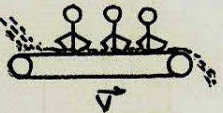
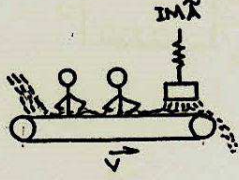
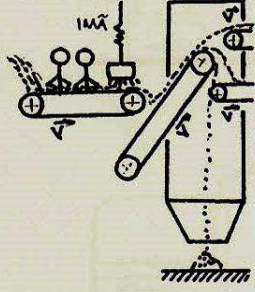
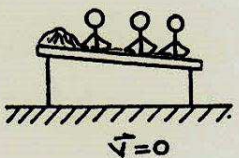
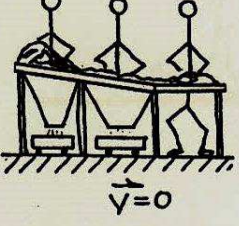
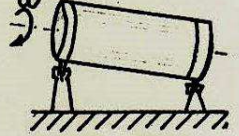
	<p>3.2.1 - Correia transportadora com catação manual. Utilizado na grande maioria dos processos de reciclagem e compostagem de lixo. Por falta do sistema eletromagnético, reduz a eficiência do processo.</p>
	<p>3.2.2 - Correia transportadora com catação manual e seleção eletromagnética. Melhora a eficiência do processo, pela maior eliminação de metais ferrosos.</p> <p style="text-align: right;">O.K.</p>
	<p>3.2.3 - Correia transportadora com catação manual, seleção eletromagnética e separação balística. Melhora ainda mais a eficiência do processo, no entanto requer altos investimentos em manutenção e pessoal técnico especializado.</p>
	<p>3.2.4 - Mesa de alvenaria com catação manual Utilizado em sistema artesanais ou simplificados.</p>
	<p>3.2.5 - Mesa de alvenaria, com tela e catação manual Sistema testado nessa pesquisa, que deu bons resultados na eliminação da areia durante o processo de reciclagem.</p>
	<p>3.2.6 - Tambores rotativos Sistema utilizado em sistemas simplificados.</p>

Figura 4.6 - Tipos de sistemas e equipamentos utilizados na triagem dos reciclados.

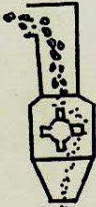
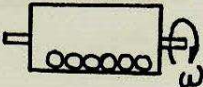

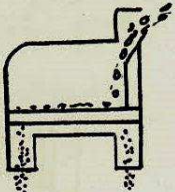
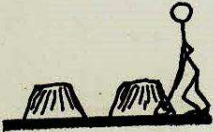

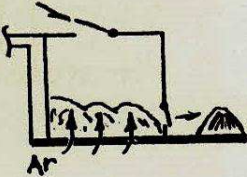
	<p style="text-align: right;">0.4</p> <p>4.1.1 - Moinhos de martelos Sistemas de elevado rendimento e capacidade de trabalho, mas muito dispendiosos.</p>
	<p>4.1.2 - Moinhos de bolas Sistemas menos dispendiosos, porém com pouca eficiência.</p>
	<p>4.1.3 - Moinhos de facas Sistemas de fácil manutenção, utilizados em pequenas produções, máximo de 20 toneladas diárias.</p>
	<p>4.1.4 - Raspadores (Dorr-Oliver)</p>

Figura 4.7 - Tipos de equipamentos utilizados na trituração dos resíduos orgânicos.

	<p>5.1.1 - Pátio com reviramento manual Sistema utilizado, principalmente, em sistemas artesanais. Digestão de 90 a 120 dias.</p>
	<p>5.1.2 - Pátio com reviramento mecânico Sistema utilizado para médio e grandes produções.</p> <p style="text-align: right;">0.4</p>
	<p>5.1.3 - Câmaras mistas (aeróbias e anaeróbias) Sistema de células fechadas com posterior injeção de ar. Digestão de 40 a 180 dias.</p>

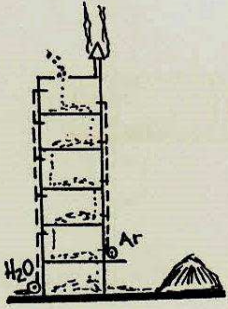
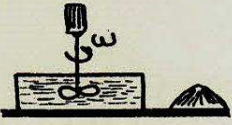
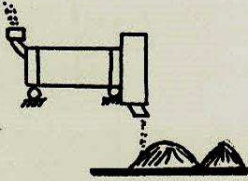
	<p>5.1.4 - Torre de digestão e pátio de cura Sistema que utiliza seis plataformas distintas, onde a cada dia os resíduos em fermentação são lançados na plataforma inferior, até completar o sexto dia, aonde são levados ao pátio para maturar.</p>
	<p>5.1.5 - Tanque de concreto com pás revolventoras e pátio de cura. Utilizado em sistemas onde deseja-se obter digestão entre 5 a 8 dias, adicionando-se lodo de esgoto, sob prévia trituração dos resíduos. Posteriormente, essa pasta é encaminhada ao pátio de cura permanecendo de 60 a 120 dias, a fim de atingir a estabilização.</p>
	<p>5.1.6 - Cilindro metálico rotativo e pátio de cura Utilizado em sistemas ditos acelerados.</p>

Figura 4.8 - Tipos de equipamentos e sistemas utilizados na homogeneização, fermentação e cura da matéria orgânica.

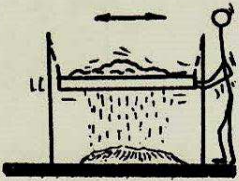
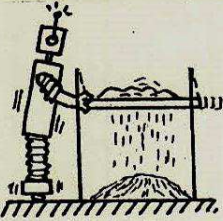
	<p>6.1.1 - Peneiramento manual Sistema utilizado em usinas artesanais ou simplificadas, com capacidade máxima até 20 toneladas diárias.</p>
	<p>6.1.2 - Peneiramento mecânico Sistema utilizado em usinas de medio e grande porte.</p>

Figura 4.9 - Tipos de sistemas utilizados no peneiramento do composto.


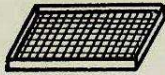
	<p>6.2.1 - Peneira cilíndrica Sistema giratório, classificador de adubo, que pode ser utilizado em usinas de pequeno, médio e grande porte.</p>
	<p>6.2.2 - Peneiras planas Sistema oscilatório, classificador de adubo, que pode ser utilizado em usinas de pequeno, médio e grande porte.</p>

Figura 4.10 - Tipos de peneiras utilizadas na classificação do adubo.

Concluída essa etapa, monta-se a matriz morfológica. Como exemplo da montagem da matriz, é tomado a fase de descarga e recepção dos resíduos. Na FIGURA 4.11, está representada a maneira como será preenchida as linhas e colunas.

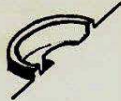






ETAPAS DO PROCESSO	ELEMENTO	COL 1	COL 2	COL3	COL4	COL 5	COL6
1- DESCARGA E RECEPÇÃO DOS RESÍDUOS	1.1FORMA DO FOSSO						
1- DESCARGA E RECEPÇÃO DOS RESÍDUOS	1.2 MAT. UTIL. NA CONFEC. DO FOSSO						

FIGURA 4.11 - Forma de preenchimento da matriz morfológica.

Os espaços em branco na matriz, indicam que não foram encontradas outras soluções para aquele elemento. A montagem final será da seguinte maneira:

1- DESCARGA E RECEPÇÃO DOS RESÍDUOS	1.1 Forma do fosso						
	1.2 Mat. util. na confec. do fosso						
2- ALIMENTAÇÃO DO SISTEMA	2.1 Quanto ao sistema						
	2.2 Tipo de equip. Util.						
3- TRIAGEM DOS RECICLADOS	3.1 Quanto ao sistema						
	3.2 Tipo de equip. Util.						
4- TRITURAÇÃO DA MATÉRIA ORGÂNICA	4.1 Tipo de equip. Util.						
5- HOMOGENEIZAÇÃO, FERMENTAÇÃO E CURA DA MATÉRIA ORGÂNICA	5.1 Tipo de equip. Util.						
	5.2 Mat. util. na const. Pátio						


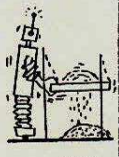
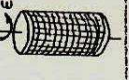
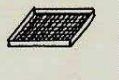
6- PENEIRAMENTO DO MATERIAL ESTABILIZADO	6.1 Quanto ao sistema						
	6.2 Quanto a forma da peneira						

FIGURA 4.12 - Matriz morfológica do processo de reciclagem e compostagem de lixo urbano.

4.3 CONCEPÇÃO ESCOLHIDA A PARTIR DA MONTAGEM DA MATRIZ MORFOLOGICA

Montada a matriz, inúmeras possibilidades podem ser combinadas para solucionar ou criar um fluxo de processo destinado ao tratamento de resíduos sólidos urbano.

Linhas e colunas são combinada surgindo novas soluções, diferentes das anteriores, podendo inclusive serem incorporados novos elementos, promovendo um espectro ainda maior de soluções.

No entanto, deve-se observar os requisitos básicos de projeto, tais como: custos, processo de fabricação, manutenção, assistência técnica, entre outros, na escolha da solução que melhor se adapte as condições sócio-econômicas da região.

Com base nesses aspectos, reduzem-se as soluções que atendem as necessidades daquela região ou município. No caso particular do estado da Paraíba, onde mais de 91% dos municípios desse Estado, possuem menos de 31.000 habitantes, contando com poucos recursos financeiros, disponíveis, a obras de saneamento básico, optou-se pela seguinte configuração: 1.1.4; 1.2.1; 2.1.1; 2.2.4; 3.1.2; 3.2.5; 4.1.3; 5.1.1; 5.2.3; 6.1.1 e 6.2.2, conforme figura 4.13 apresentada a seguir:

contida nos resíduos, através do uso de telas, deixando o lixo mais solto, facilitando a identificação, por parte dos operários, dos materiais passíveis de comercialização na fase seguinte do processo): 2.1.1: 2.2.4 (Esse tipo de configuração escolhido, busca entre outras coisas, gerar mais empregos, amenizando a questão social ligada ao lixo) ; 3.1.2: 3.2.5 (Esse tipo de triagem foi escolhido, devido a preocupação, constante, de gerar empregos, amenizando a questão social ligada ao lixo; evitar ao máximo paradas para manutenção, utilizando o mínimo de equipamentos eletromecânicos, retirando-se o máximo de areia presente no interior dos resíduos: 4.1.3 (Esse tipo de equipamento foi escolhido, devido principalmente ao tipo de processo de triagem desenvolvido, o qual propõe eliminar a grande maioria de inertes e areia presente nos resíduos, facilitando o trabalho de corte dos mesmos, e devido a simplicidade de manutenção e operação que esse tipo de equipamento oferece); 5.1.1: 5.2.3 (Escolheu-se ferramentas manuais, com a intenção de gerar empregos e ajudar a amenizar os problemas sociais associados ao lixo): 6.1.1 e 6.2.2 (Escolheu-se o processo manual para o peneiramento, com a intenção de gerar empregos e o tipo de peneira, devido a facilidade de construção, e por ter sido testada na usina de compostagem de lixo urbano do município de Esperança) conforme figura 4.13 apresentada a seguir:

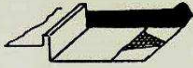


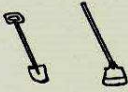
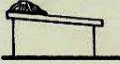

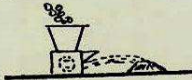


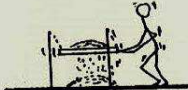
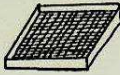
1- Descarga e recepção dos resíduos	1.1.4 - Forma do fosso	
	1.2.1 - Mat. Util. na const. do fosso	
2- Alimentação do sistema	2.1.1 - Quanto ao sistema	
	2.2.4 - Quanto ao tipo de equip. Utilizado	
3- Triagem dos reciclagem	3.1.2 - Quanto ao sistema	
	3.2.5 - Quanto ao tipo de equip. Utilizado	
4- Trituração da matéria orgânica	4.1.3 - Quanto ao tipo de equip. Utilizado	
5- Homogeneização, fermentação, cura	5.1.1 - Quanto ao tipo de equip. Utilizado	
	5.2.3 - Quanto ao mat. util. na construção	
6- Peneiramento do composto	6.1.1 - Quanto ao tipo de sistema Utilizado	
	6.2.2 - Quanto a forma da peneira	

Figura 4.13 - Escolha do processo de triagem e compostagem a partir da matriz morfológica.

Como podemos observar no arranjo de linhas e colunas dessa matriz morfológica, o processo é realizado da seguinte maneira: o caminhão coletor chega à usina e descarrega os resíduos no fosso plano, construído em concreto, contendo telas de aço de malha igual a 25mm, destinada a eliminação da areia. A alimentação do sistema será realizada por trabalho braçal, utilizando ferramentas manuais, tais como: pás, enxadas e garfos. Todo o material será disposto em cima da mesa de triagem, onde manualmente é corrido por toda a sua extensão, sendo retirado da massa heterogênea os materiais passíveis de comercialização (vidros, plásticos, osso, metais, papel e papelão...). Em toda a extensão da mesa, são postas telas com malha de 12,5mm, cuja finalidade é retirar ainda mais a areia contida na massa. No final dessa mesa existe um área de acúmulo de material. Posteriormente, esse material é dosado por meio de "rodos", por um operário, no moinho triturador de lâminas. Em seguida, toda a massa triturada é pesada e levada ao pátio de cura, para sofrer a fermentação e maturação. Passados de 90 a 120 dias, todo o material, já humificado, é classificado em peneiras planas, obtendo-se os compostos do tipo "A" (aquele que passa pela peneira) e "B" (aquele que é misturado com a areia retirada do processo de reciclagem e posto a maturar). Para maiores esclarecimentos é apresentado o esquema do sistema na figura 4.14 a seguir:

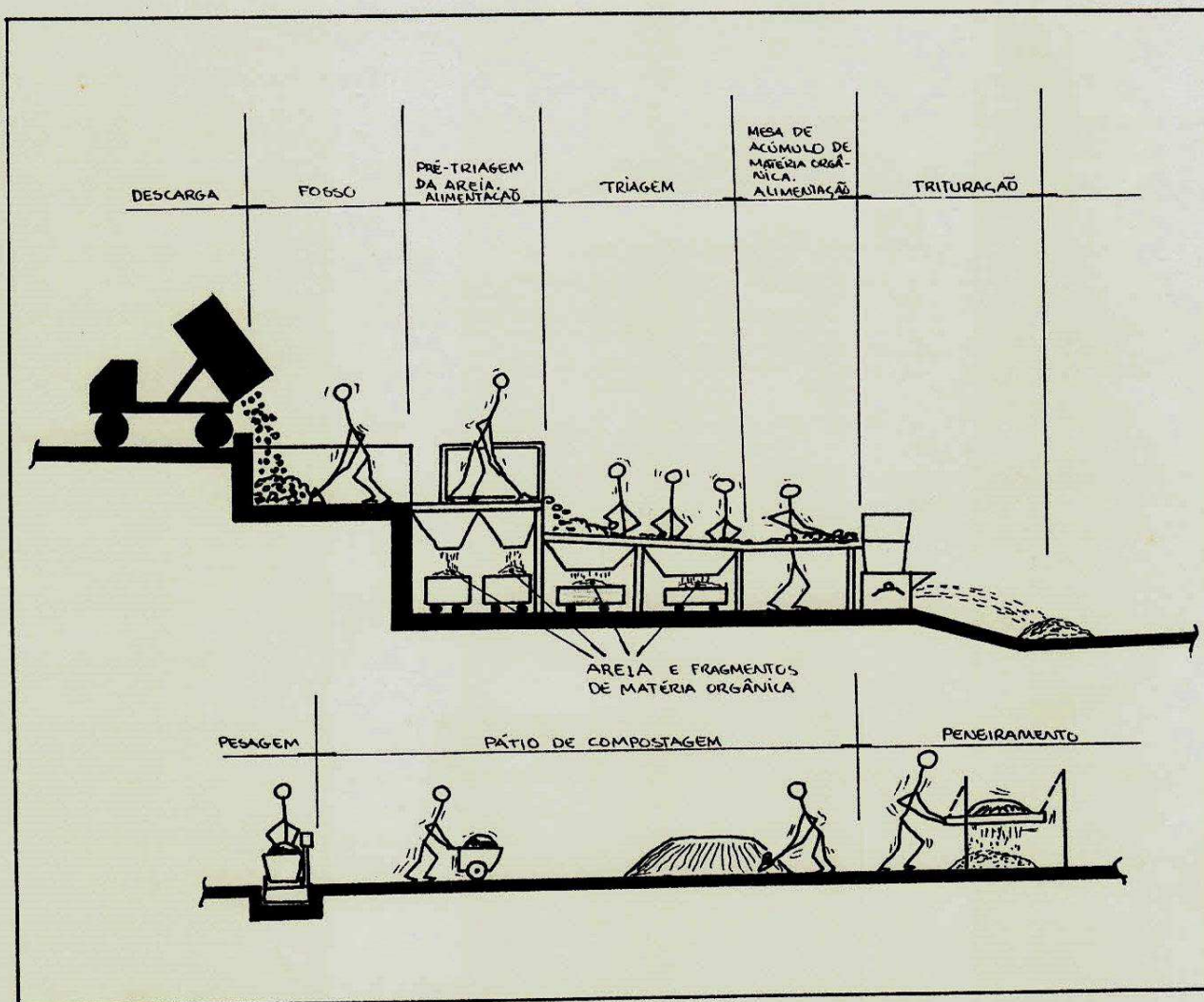


Figura 4.14 - Esquema representativo, do processo de triagem e compostagem, escolhido a partir da matriz morfológica, que pode atender 91% das municipalidades do Estado da Paraíba.

4.4 - CONCLUSÃO

Como pode ser visto, no transcorrer do capítulo, a utilização do método morfológico no desenvolvimento de concepções de sistemas de triagem e compostagem, é uma ferramenta muito importante para o projetista, pois mostra de forma clara e sistemática as várias alternativas disponíveis, para se chegar a solução de um problema.

No caso particular do Estado da Paraíba, e da grande maioria dos Estados nordestinos, devido as carências econômicas, financeiras e sociais, em que se encontram, a matriz morfológica ajudou a determinar um sistema que utiliza a máxima mão-de-obra, o mínimo de equipamento eletromecânico e simplicidade de operação, contribuindo, assim, para amenizar o problema social, causado pelo lixo e a falta de empregos, oferecendo uma proposta de usina de triagem e compostagem de resíduos sólidos domiciliares, viável, para a maioria dos municípios desse Estado.

5.0 - PROJETO PRELIMINAR

5.1 - INTRODUÇÃO

Neste capítulo são apresentadas as principais soluções, dimensões e funcionamento do processo de triagem e compostagem de resíduos sólidos domiciliares escolhido na fase de concepção de usinas de tratamento de resíduos sólidos urbanos (vide CAPITULO IV), dando-se ênfase a questão da eliminação da areia no processo de triagem de resíduos sólidos domiciliares, ao dimensionamento do triturador de lixo e ao sistema de catação manual utilizado.

A preocupação com essas questões: a areia presente no processo de triagem de resíduos sólidos urbanos e o equipamento de trituração do lixo, estão ligados aos problemas que um causa no desempenho do outro, tais como: a areia desgasta prematuramente as lâminas, discos e outras partes móveis em contato com a mesma e, o objetivo maior de oferecer à comunidade um equipamento barato, resistente, de fácil manutenção e com tecnologia regional, bastante acessível.

5.2 - O PROJETO PRELIMINAR

Obedecendo o fluxo de produção da usina de triagem e compostagem de resíduos sólidos domiciliares, escolhido no CAPITULO IV e os cálculos efetuados (vide apêndice A), foi possível apresentar as seguintes soluções e dimensões para as fases do processo que se seguem:

O fosso deverá ser construído em concreto, a fim de resistir melhora ação corrosiva dos ácidos graxos contidos nos resíduos: possuirá as seguintes dimensões para a descarga dos caminhões coletores: 6m de largura por 4,8m de comprimento por 0,5m de profundidade, correspondendo a 28,8m³ de área e 14,4m³ de volume, comportando a descarga de um caminhão tipo sítia 600 por turno; terá ampla ventilação, devido, principalmente, a pouca profundidade do fosso, fato esse que ajudará a dissipar, melhor, os odores provenientes da fermentação natural dos resíduos: possuirá lateralmente a área de descarga dos veículos coletores, áreas chamadas "passarelas", com as seguintes dimensões: 2m de largura por 4,8m de comprimento, onde os operários se situarão no trabalho de esfacelar os sacos e retirar do processo resíduos volumosos, tais como: colchões, tapetes, vasos sanitários.... os quais, posteriormente, serão encaminhados ao aterro sanitário. Mais à frente ficaram localizadas as peneiras responsáveis pela pré-triagem da areia.

A área de pré-triagem da areia deverá ter as seguintes dimensões: 3,2m de largura por 2m de comprimento, conter passarelas laterais às telas, para que os funcionários façam o trabalho de arrasto dos resíduos com enxadas, fazendo com que parte da areia, contida nos resíduos, caia por entre a malha, de 25mm, da tela (determinada por tentativa e erro na usina de compostagem de lixo urbano do município de Esperança), sendo depositado por gravidade em carrinhos de mão tipo "jerico", previamente colocados abaixo das calhas direcionadoras de areia. O remanescente é direcionado para a mesa de triagem. Na figura 5.1, a seguir, apresentamos uma vista em corte da área de recepção dos resíduos.

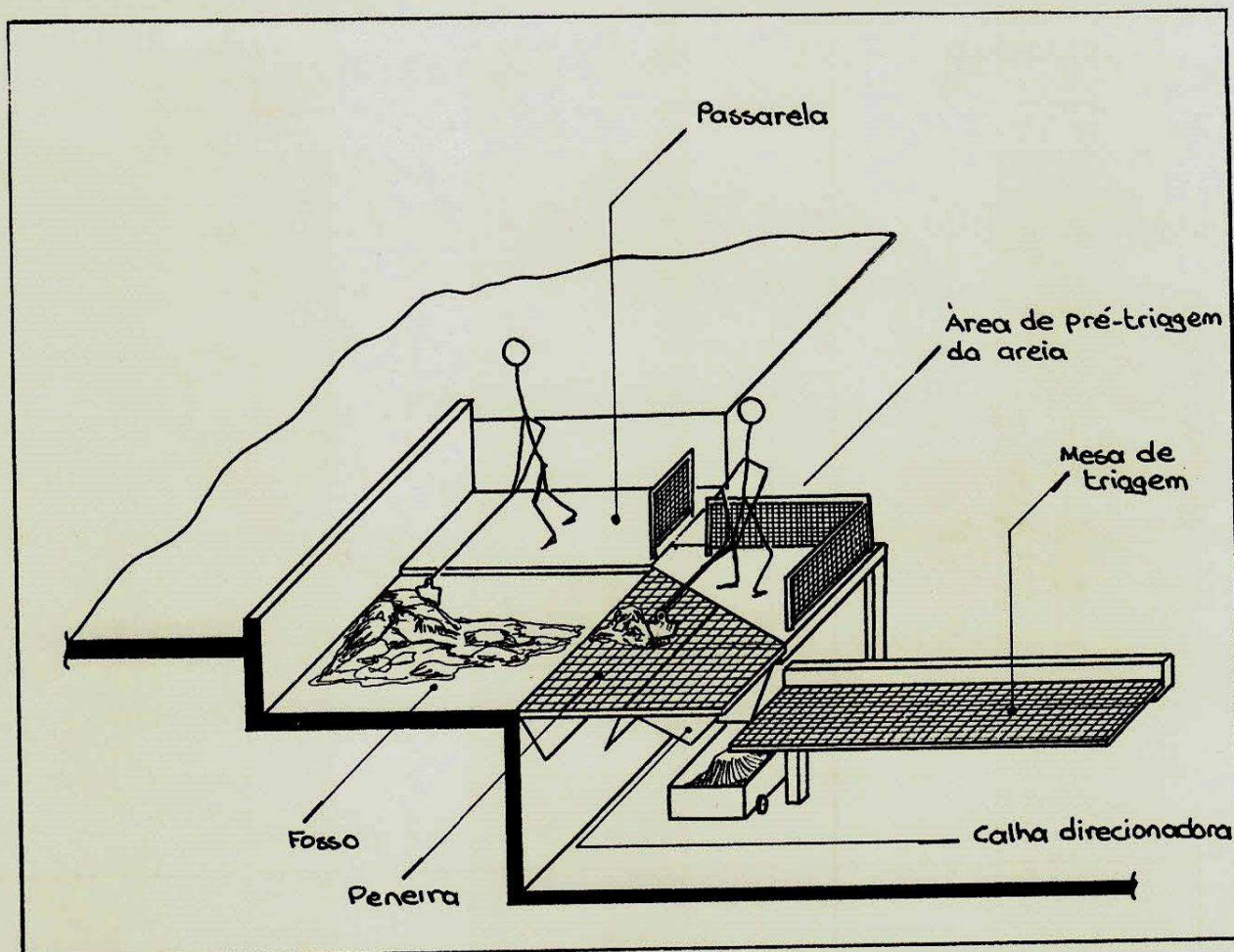


Figura 5.1 - Vista em corte da área de recepção dos resíduos, da área de pré-triagem da areia e o posicionamento dos operários nesse setor.

Na mesa de triagem, os resíduos parcialmente livres da areia e desagregados, sofrem uma seleção. De seis a oito catadores dispostos ao lado da mesa, retiram, da massa, os materiais passíveis de comercialização, tais como: vidros, plásticos, metais, papel, papelão, osso...., ficando o remanescente (matéria orgânica) amontoado no final da mesa numa área denominada "área de espera". Toda a mesa é construída em alvenaria, montada sobre colunas e possuirá lastro em tela, com malha de 12,5mm (devido a grande eliminação da areia na pré-triagem e por estarem os resíduos mais soltos com quantidades de areia menores), em toda a zona destinada a triagem

dos materiais passíveis de comercialização, com a finalidade de facilitar a operação de "pesca" dos reciclados: terá as seguintes dimensões: 4m de comprimento por 1,2m de largura, a fim de proporcionar um percurso mais longo e uma área maior, para espalhar os resíduos a serem triados. A altura sofrerá uma pequena variação ao longo da mesa, a fim de facilitar o trabalho de movimentação dos resíduos, pelos catadores, quando da triagem dos reciclados. No início do processo, possuirá 1m de altura, terminando com 0,8m ao final dos 4m restantes. A área de espera, terá a forma de um sextavado, com 2m de comprimento por 2 metros de largura. Toda a matéria orgânica acumulada nessa área será dosada, posteriormente, por um operário, com a ajuda de "rodos", no triturador de lixo. Para maiores esclarecimentos e apresentada a figura 5.2 que mostra a vista em corte da mesa de triagem e da área de espera dos resíduos orgânicos.

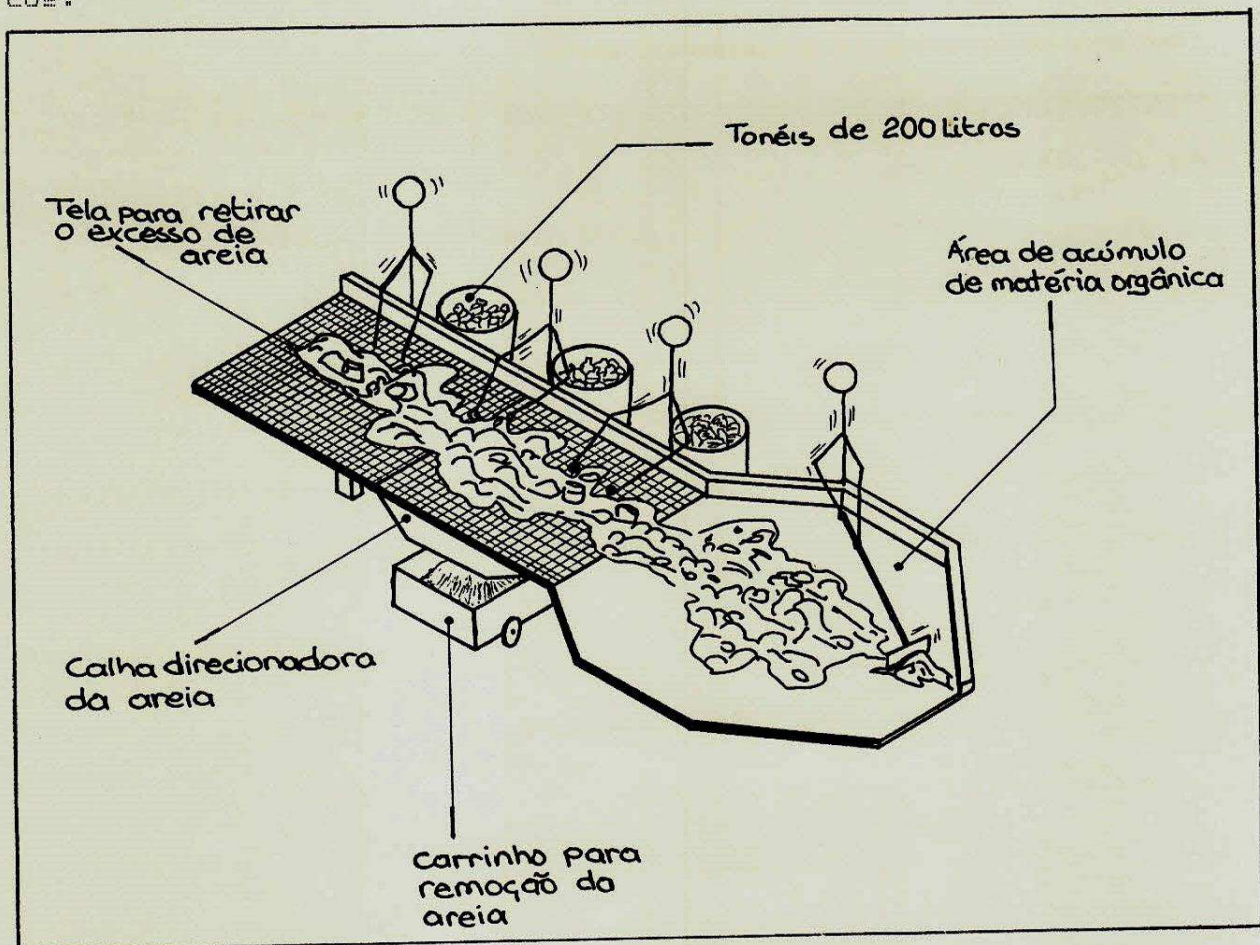


Figura 5.2 - Vista em corte da mesa de triagem e da área de espera.

Como podemos observar pela configuração esquemática da figura 5.2 toda a areia retirada do processo será compostada junto com uma parcela de matéria orgânica, transformando-se em adubo de segunda qualidade (adubo tipo "B").

No triturador, a matéria orgânica terá sua granulometria reduzida, a fim de facilitar a compostagem e reduzir o tempo de cura da massa orgânica. Todo esse processo de desintegração começa quando a " área de espera " se encontra cheia de matéria orgânica. Nesse momento, o funcionário liga o equipamento e começa a dosar, manualmente, com um " rodo " toda essa massa para dentro do triturador. Tal procedimento, aumentará a vida útil do equipamento e reduzirá os gastos com manutenção e energia elétrica, em virtude da máquina só ser acionada quando for realmente necessária.

Esse procedimento, do operário dosar a matéria orgânica para dentro do triturador, funciona, também, como um sistema de segurança. Pois se algum material inerte passar pela triagem anterior, ele poderá ser retirado do processo nessa etapa, pelo operário, evitando, assim, danos ao equipamento.

O processo de desintegração da matéria orgânica é realizado por um jogo de três lâminas rotativas, dispostas de 120° uma da outra, montadas sobre dois discos paralelos, sendo acionadas por um jogo de polias e correias trapezoidais do tipo B, conectadas a um motor trifásico de 15 HP, a figura 5.3 mostra essa configuração.

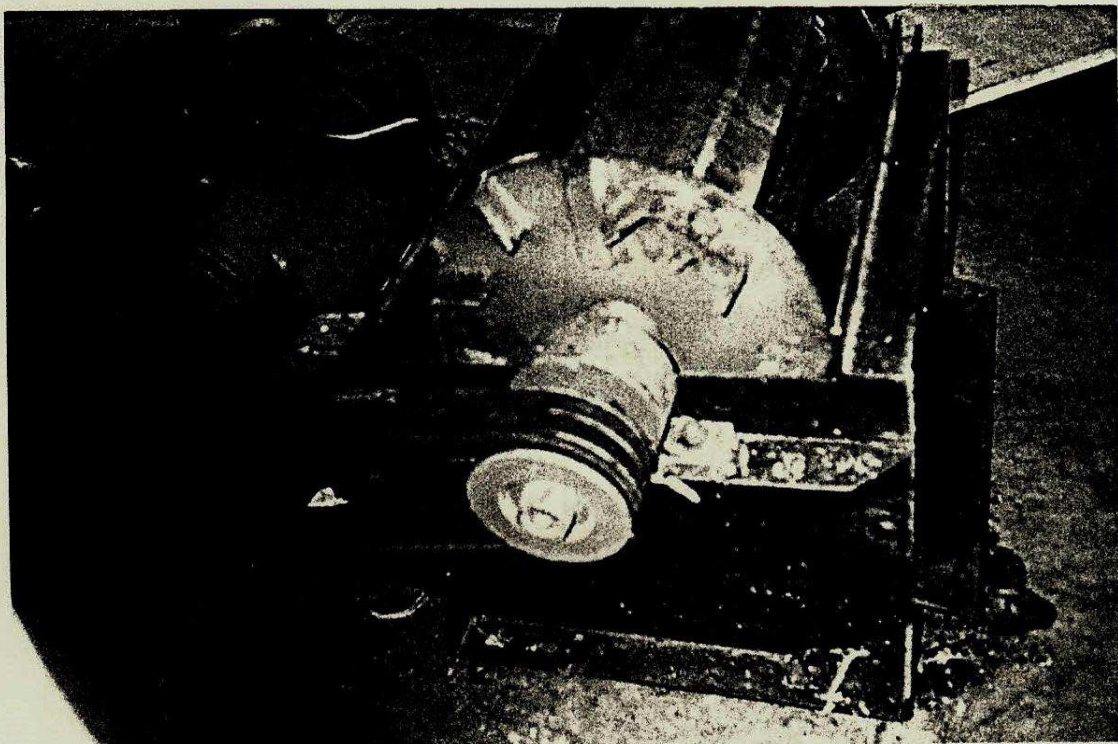


Figura 5.3 - Vista do rotor de três lâminas e seu sistema de acionamento.

Na medida em que os resíduos caem pela calha de descida, as lâminas em movimento rotacional cortam os resíduos com a ajuda de uma contra faca fixa. Em seguida, aletas diametralmente opostas, soldadas ao longo do tubo, no qual são montados os discos, que suportam as lâminas, impelem os resíduos para fora do equipamento, ajudando na descarga e limpeza interna dos resíduos triturados. Posteriormente, os resíduos são colocados em carrinhos de mão, do tipo "jerico" e pesados, conforme figura 5.4.

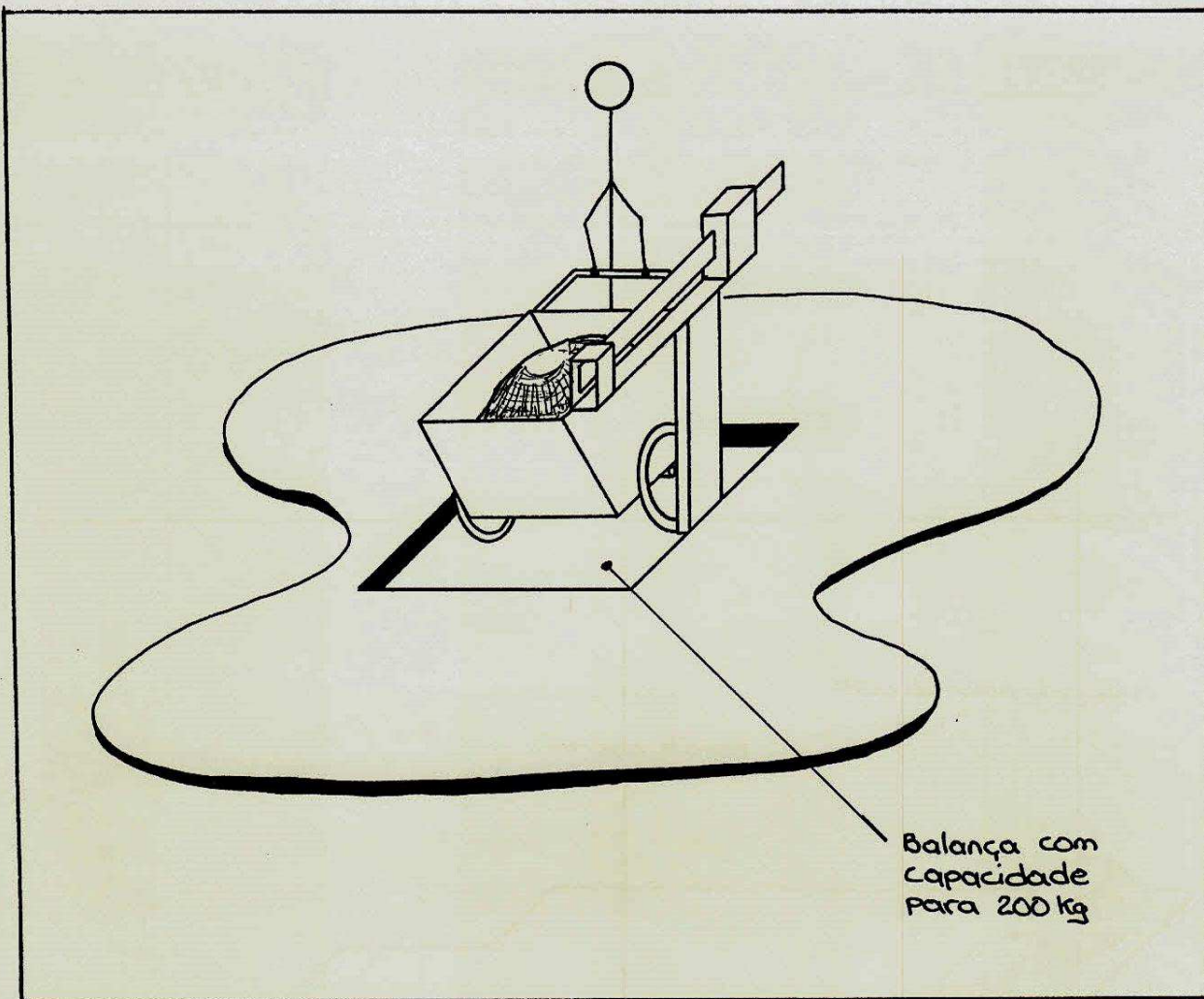


Figura 5.4 - Sistema de pesagem dos resíduos

A pesagem dos resíduos triturados, tem a finalidade de acompanhar o quanto de matéria orgânica vai para a compostagem e com isso prevê-se o quanto de adubo o processo terá no final da humificação. Esse trabalho de pesagem é realizado através de uma balança, do tipo Filizola, com capacidade para 200 quilogramas. Em seguida, todo o material pesado é encaminhado ao pátio de compostagem para o processo de humificação.

No pátio de compostagem os resíduos serão amontoados, formando as leiras. Essas leiras, serão periodicamente reviradas para que o processo de humificação seja realizado num meio aeróbio.

A humidade deverá ser mantida dentro dos níveis recomendados (55%) através de irrigação manual, quando se fizer necessário, tendo, ainda, sua temperatura controlada diariamente, para manter os níveis de competição de microrganismos e poder de esterelização esperados, vide figura 5.5.

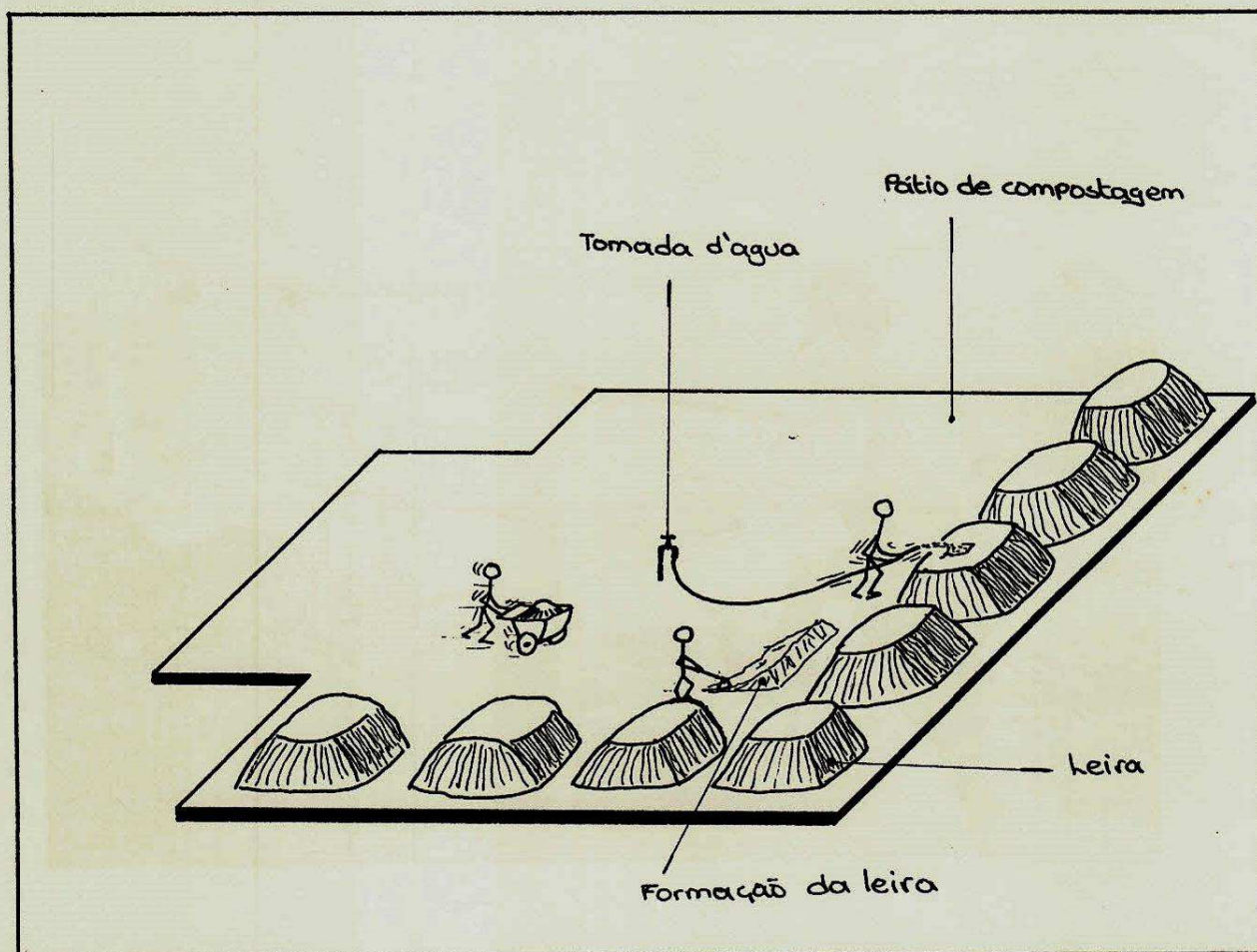


Figura 5.5 - Vista do pátio de compostagem

Todo o pátio de compostagem será encimentado: terá sistema de drenagem dos percolados e capacidade de acumulação de matéria orgânica em compostagem para 120 dias, tudo conforme cálculos efetuados no apêndice A. Ao final do processo de humificação todo o composto será peneirado.

O peneiramento será realizado em peneiras planas, do tipo confeccionado pela Fundação Nacional de Saúde, com sede no município de Esperança, Paraíba, com as seguintes dimensões: 1,00m por 1,20 m, com malha de 5,0 mm e acionamento manual, vide figura 5.6.



Figura 5.6 - Peneira classificadora de composto.

Realizado esse peneiramento, é possível retirar dois tipos de adubo: o tipo " A ", que passa pela malha da peneira e o tipo " B ", que não passa pela malha da peneira e que será triturado, pos-

riormente, no triturador, a fim de reduzir sua granulometria. Nos testes efetuados na usina de compostagem de lixo do município de Esperança, Paraíba, conclui-se que mais de 50% do rejeito da peneira, quando triturado, torna-se um adubo de boa qualidade, e que o restante poderia ser classificado como um adubo de segunda qualidade, devido a sua granulometria e porosidade.

Após concluída essa fase, o adubo é estocado e, posteriormente, vendido ou doado a agricultores locais.

Pode-se observar que a experiência de triturar os rejeitos da compostagem, durante os testes realizados na usina de compostagem de lixo de Esperança, contribuíram para a eliminação do rejeito da compostagem, melhorando a eficiência da usina.

Outro ponto observado foi com relação a menor quantidade de rejeito produzido pelas leiras formadas com material triturado. Pode-se concluir com isso que, quanto menor a partícula orgânica, maior a área de contato entre as partículas e conseqüentemente maior atuação de microrganismos decompositores.

5.3 - CONCLUSÃO

Após analisar o processo de operação de algumas usinas de reciclagem e compostagem de resíduos sólidos urbanos, em funcionamento, dentro e fora do Estado da Paraíba (vide anexo I) e utilizar, durante a fase de testes preliminares na usina de compostagem de lixo da cidade de Esperança, Estado da Paraíba, um sistema de grelha no final da esteira (vide figura 5.7), foi possível apresentar, excluindo os pontos negativos dos processos visitados, em funcionamento, uma proposta de usina de reciclagem e compostagem de resíduos sólidos domiciliares, simplificada, preocupada com a eliminação da areia, durante o processo de reciclagem, aumentando a vida útil do equipamento de trituração de lixo, reduzindo o desgaste das

partes móveis, do equipamento, em contato com os resíduos e a manutenção de forma geral.

Todas essas medidas, buscam, determinar, um sistema mais simples, de fácil construção e manutenção, tornando o projeto mais acessível as comunidades do Estado da Paraíba.

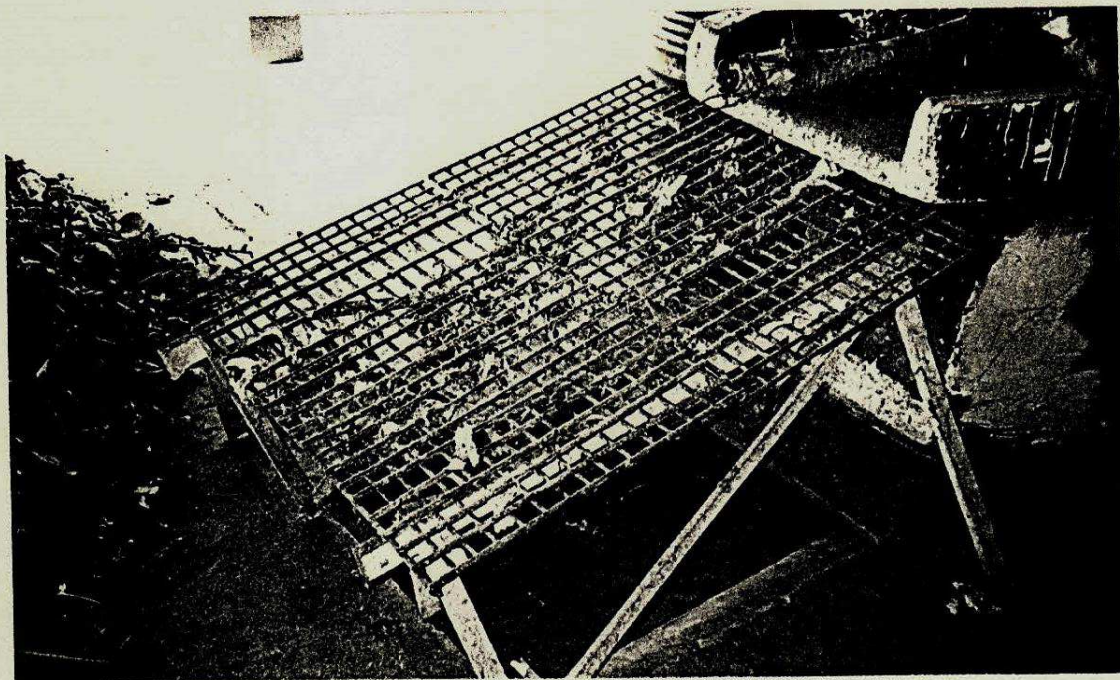


Figura 5.7 - Grelha utilizada nos testes na usina de compostagem de lixo urbano do município de Esperança, para reduzir a quantidade de areia presente no interior dos resíduos.

6.0 - PROJETO DETALHADO E CONSTRUÇÃO DO PROTOTIPO EM ESCALA REAL

6.1 - INTRODUÇÃO

Após definir o tipo de equipamento destinado a reduzir a granulometria da matéria orgânica no CAPITULO IV, mostrar o seu funcionamento básico e posicionamento dentro do processo de triagem e compostagem de resíduos sólidos domiciliares no CAPITULO V; vamos apresentar neste capítulo os materiais, o processo de fabricação, as dimensões e a forma final dos elementos que compõem o triturador de lixo domiciliar. Para isso, foram considerados como requisitos básicos, para a sua construção, os seguintes pontos: a facilidade de manutenção, a simplicidade do funcionamento, a resistência, a produção e a assistência técnica regional.

Na parte final do capítulo, são apresentadas algumas figuras que mostram, melhor, os detalhes e as montagens do equipamento, permitindo, assim, uma visualização mais clara da solução encontrada.

6.2 - PROJETO DETALHADO

O projeto detalhado do protótipo (triturador de resíduos sólidos domiciliares), realizar-se-á de acordo com os desenhos do ANEXO 1.

Tampa basculante (Desenho nº A₁:1). É uma proteção contra partículas retráteis, que saem do rotor, confeccionada em chapa de aço de 1/8 de polegada de espessura, a qual é cortada, dobrada e

soldada. Possui articulação por parafuso e serve de porta de entrada para os resíduos descerem pela calha de recepção.

Alimentador (Desenho nº A₁:2). Tem a função de direcionar os resíduos para o rotor. Confeccionada em chapa de aço de 1/8 de polegada de espessura, cortada, dobrada e soldada, possui corpo trapezoidal contendo na sua base orifícios, de encaixe dos parafusos, que a prendem na caixa de trituração.

Caixa de trituração (Desenho nº A₁:3). É a parte principal do equipamento. Confeccionada em chapa de aço de 1/8 de polegada de espessura, é cortada, dobrada e soldada, abrigando no seu interior o rotor, a contra-faca fixa e a calha de saída do material. Lateralmente, na parte externa da caixa de trituração, são soldados os apoios dos mancais de rolamento.

Rotor (Desenho nº A₁:4). É a parte responsável, junto com a contra-faca fixa, por reduzir a granulometria dos resíduos. Confeccionado em chapa de aço de 1/4 de polegada de espessura, tubo de aço de 160mm de diâmetro, semi-eixo de caminhão e lâminas de feixe de molas de caminhão, as quais são soldadas formando o elemento responsável pela trituração dos resíduos. Possui aletas, destinadas a expulsar os resíduos triturados de dentro da caixa de trituração, através de ventilação; discos laterais, que servem de apoio para as lâminas; três lâminas de corte, confeccionadas a partir de sucata de molas de caminhão e eixo cônico, onde são montados os mancais de rolamento e a polia conduzida.

Contra-faca fixa (Desenho nº A₁:2). É a parte responsável, junto com as lâminas em rotação, por triturarem os resíduos. Confeccionado em chapa de aço de 1/2 polegada de espessura, temperada e revenida; é soldado ao alimentador, servindo de apoio no corte do lixo que cai.

Lâminas de corte (Desenho nº A₁:5). São facas horizontais, confeccionadas a partir de sucata de feixe de molas de caminhão, possuindo gume de corte inclinado de 26,5°, revestido com eletrodo E 10-60r:DIN B555, FOX SP 14 da Böhler, destinado a trabalho de extrema abrasão.

Calha de saída do material (Desenho nº A₁:3). É a geometria responsável pela distância de lançamento dos triturados. Confeccionada em chapa de aço de 1/8 de polegada de espessura, curvada e soldada à caixa de trituração.

Polias condutora e conduzida (Desenho nº A₁:6). São responsáveis, junto com as três correias trapezoidais B54 da Goodyear, por transmitirem a relação de transmissão e a potência imposta pelo motor trifásico ao rotor triturador. Confeccionada em alumínio fundido, possuem rasgos de chaveta, destinada a montagem das polias sobre o eixo do motor e rotor, respectivamente.

Proteção para o motor e correias trapezoidais (Desenho nº A₁:7). Peça única confeccionada em chapa de 1/8 de polegada de espessura e tela de malha de diâmetro de 10mm, cortada, dobrada e soldada, fixada na calha de descida dos resíduos, por parafuso M 12 x 1,75.

Base de apoio do motor (Desenho nº A₁:3). Montagem em forma de triângulo, de barras de aço, na parte de trás da caixa de trituração, contendo rasgos longitudinais, destinados a montagem do motor trifásico e regulagem da tensão das correias.

Base de apoio da caixa de trituração (Desenho nº A₁:3). Confeccionada em cantoneira 50x50x4mm: é soldada na base da caixa de trituração, possuindo rasgos laterais, destinados a fixação do equipamento no solo.

Defletor de partículas (Desenho nº A₁:8). Chapa de aço número 13, cortada, dobrada e aparafusada à caixa de trituração.

destinada a evitar o lançamento de partículas de lixo triturado, para o alto, na saída do equipamento.

6.3 - CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO (TRITURADOR DE LIXO DOMICILIAR)

Os trabalhos de construção do protótipo foram iniciados após os testes realizados na usina de compostagem de lixo da cidade de Esperança, Paraíba, com o equipamento de forragem FP3 (Forrageira de Palma tipo 3), cedido pela empresa LABOREMUS.

Os dados lá obtidos, serviram de base para as modificações no equipamento de forragem.

Surgiram, então, os primeiros rascunhos do novo equipamento (o protótipo), os quais serviram de base para a elaboração do projeto final.

Todas as atividades de construção do protótipo foram realizadas nas instalações da empresa LABOREMUS, com a ajuda de seus funcionários e de seus dirigentes.

Para maiores esclarecimentos, são mostradas, a seguir, várias ilustrações das partes constituintes do protótipo, com o objetivo de melhor visualizar todo o processo de fabricação e montagem.

Na figura 6.1, pode ser vista a tampa basculante, com sua articulação por parafuso e "boca de entrada" dos resíduos e, o alimentador, de corpo trapezoidal, com seus orifícios de encaixe para os parafusos fixionadores.

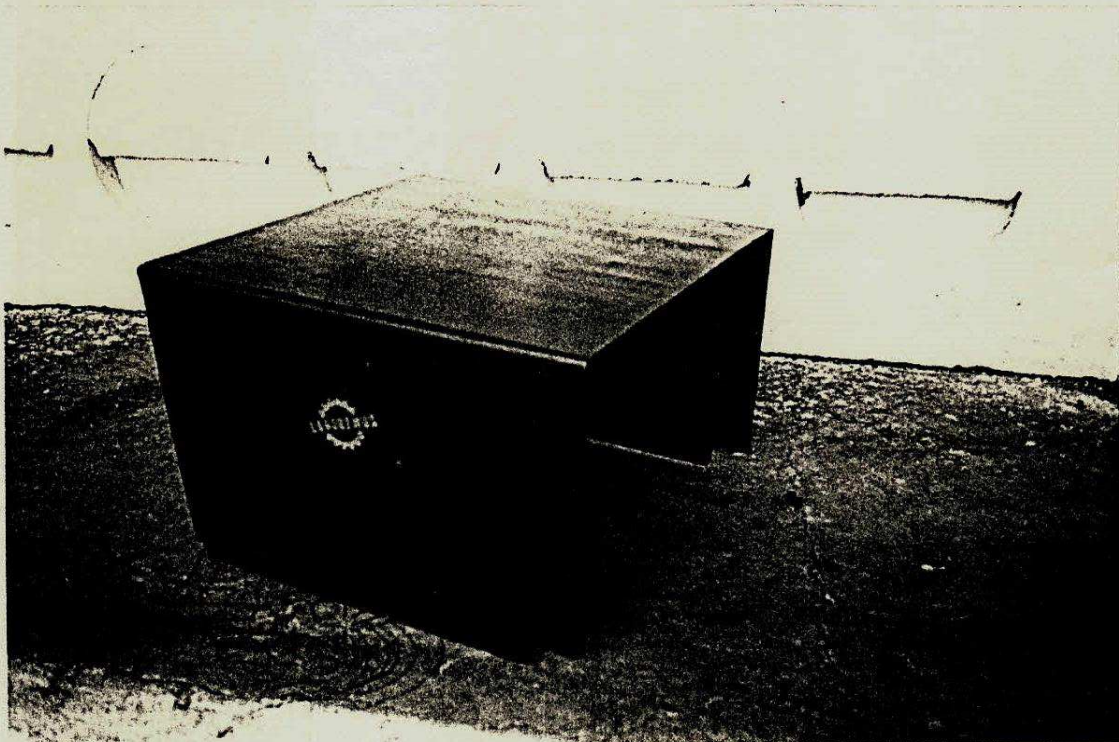


Figura 6.1 - Vista da tampa basculante e do alimentador

Na Figura 6.2, é mostrada a caixa de trituração, onde se pode ver o rotor, suas lâminas, discos de apoio das lâminas, parafusos fixadores das lâminas, aletas laterais e longitudinais, responsáveis pela expulsão dos resíduos, eixo, mancais, polia conduzida, base de apoio do motor, base de apoio da caixa de trituração e o defletor de partículas.

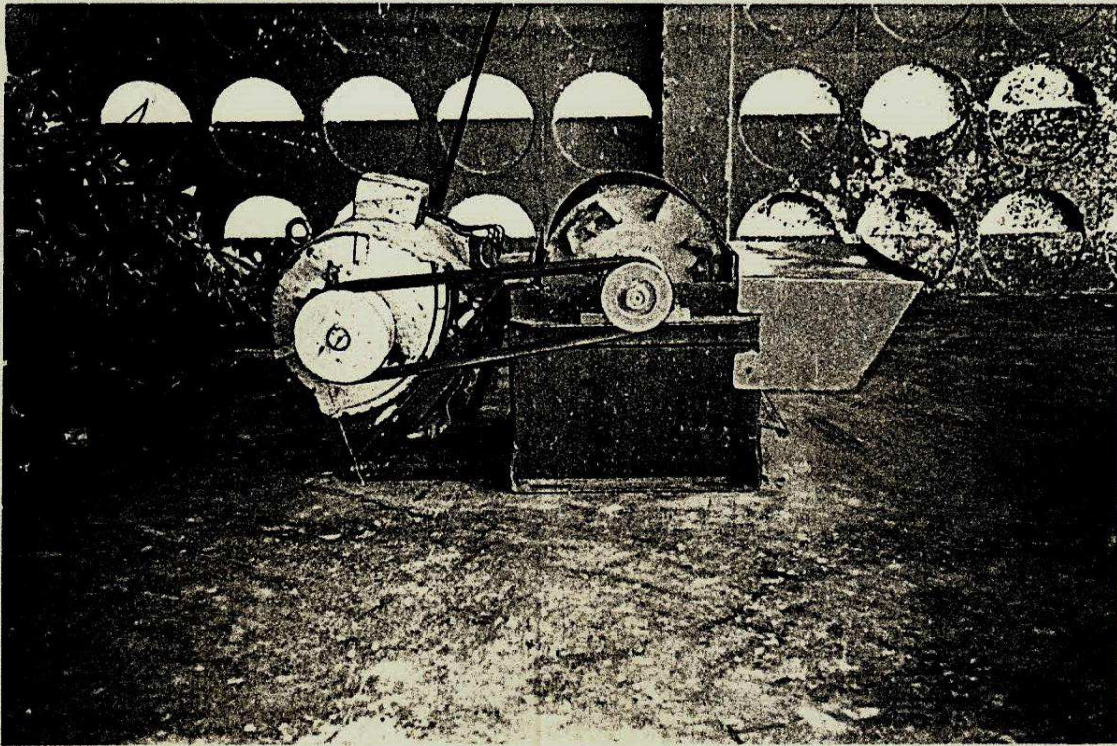


Figura 6.2 - Vista da caixa de trituração, base de apoio do motor e do defletor de partículas

Na figura 6.3, é mostrada a proteção para o motor e o sistema de transmissão de potência.

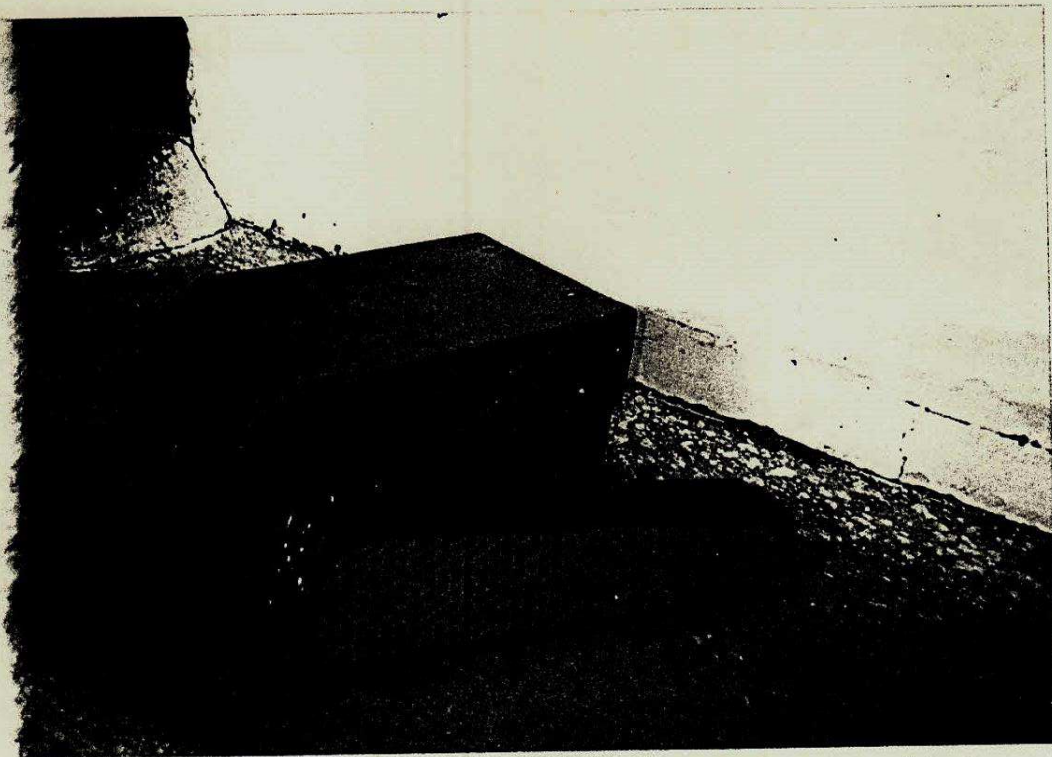


Figura 6.3 - Vista da proteção do motor, correias e polias

Na figura 6.4. é mostrado em detalhe o rotor e suas partes constituintes: lâminas, discos de apoio das lâminas, eixo, aletas e parafusos fixionadores.

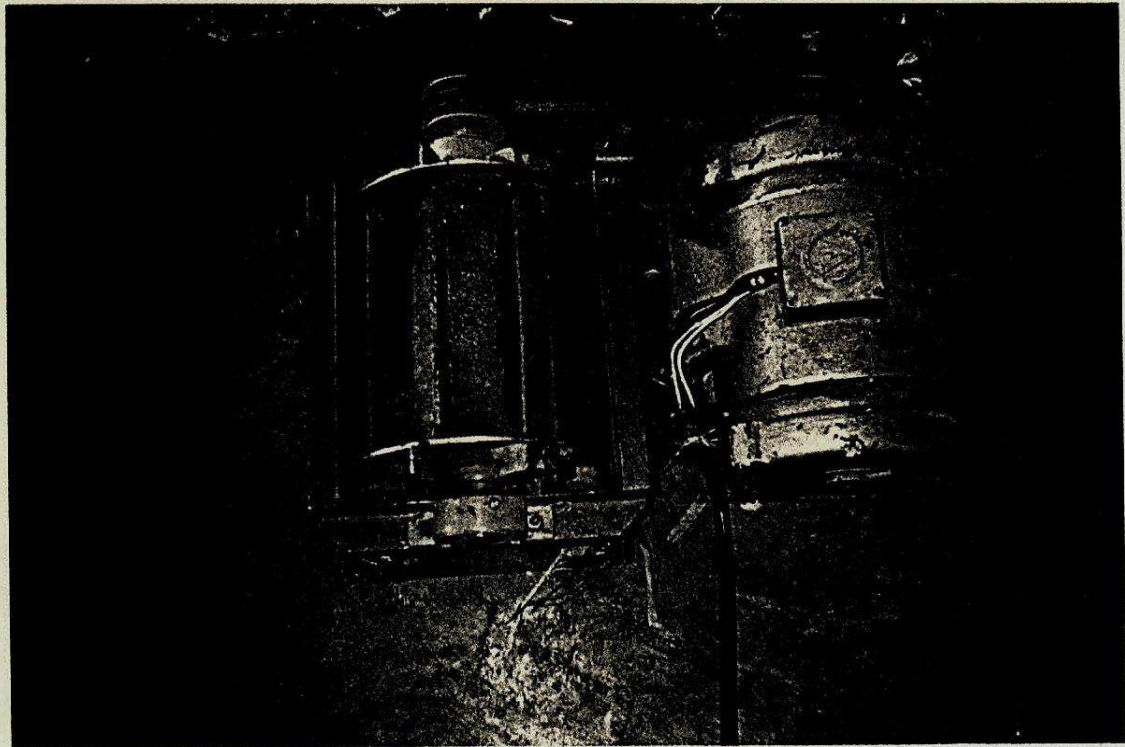


Figura 6.4 - Vista do rotor

Finalmente, na figura 6.5, é mostrado o protótipo na sua forma final, montado com as partes constituintes do conjunto. Nas figuras 6.6 e 6.7, são mostradas as vista lateral e frontal do equipamento, respectivamente, onde se destacam a proteção do motor e sistema de correias e polias, alimentador e tampa basculante, na vista lateral e a saída do material triturado, alimentador e tampa basculante na vista frontal.

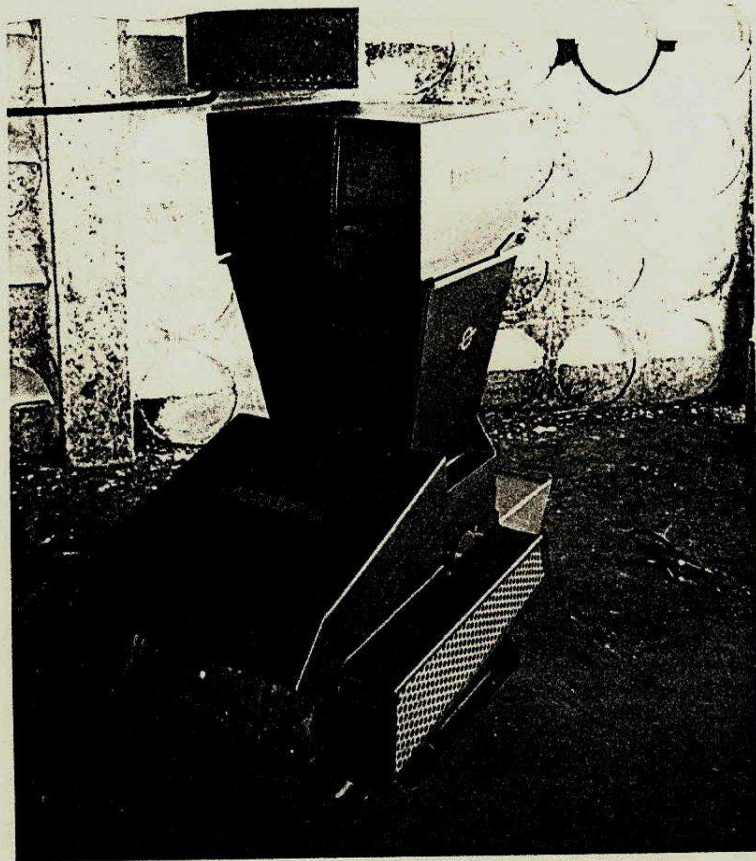


Figura 6.5 - Vista do protótipo do triturador de lixo domiciliar

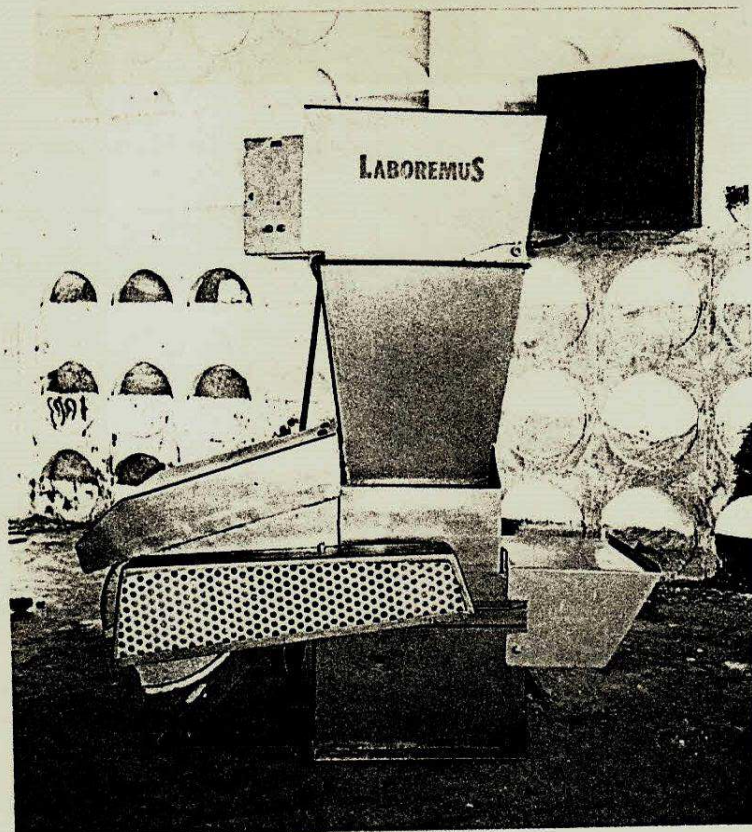


Figura 6.6 - Vista lateral do protótipo do triturador de lixo domiciliar

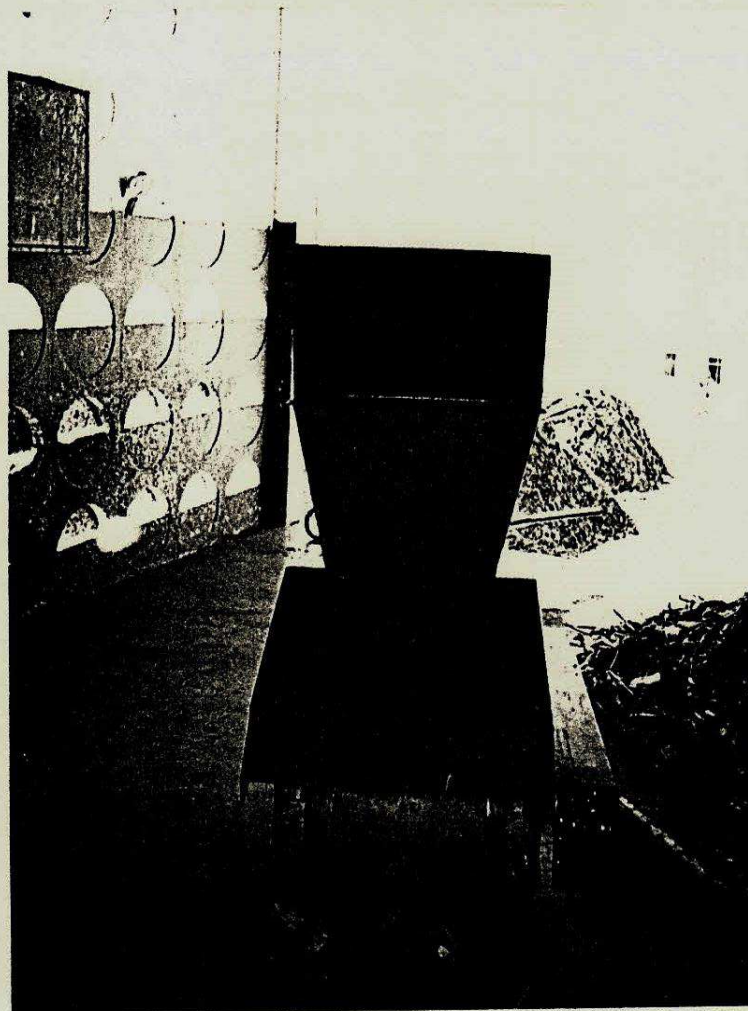


Figura 6.7 - Vista frontal do protótipo do triturador de lixo domiciliar

6.4 - CONCLUSÃO

O protótipo apresentado neste capítulo, trata-se de um equipamento simples, com produção estimada em 30 toneladas diárias (vide apêndice C), potência de acionamento de 15 cv (vide capítulo VII) com dimensões e materiais padronizados, assistência técnica regional, de fácil manutenção, podendo ser aplicado a qualquer sistema de triagem e compostagem de lixo domiciliar, que tenha, durante o processo de triagem, sistemas de eliminação de areia e inertes, contidos no interior dos resíduos.

7.0 - FASE DE TESTES E REPROJETO

7.1 - INTRODUÇÃO

Neste capítulo será mostrada a metodologia utilizada para se chegar ao protótipo do triturador de lixo domiciliar e os testes de campo realizados no equipamento, na usina de compostagem de lixo urbano do município de Esperança, enfocando seus pontos positivos e negativos.

7.2 - METODOLOGIA APLICADA

Antes do protótipo ser construído, foi necessário realizar alguns testes de campo, em escala real, com equipamentos similares, na usina de compostagem de lixo urbano da cidade de Esperança, a fim de se obter dados mais expressivos na elaboração do projeto. Foi, então, que solicitou-se a empresa, genuinamente, campinense, LABOREMUS, um equipamento de forragem, para palma, modelo FP3, para os primeiros testes.

Na verdade, o projeto original não era bem esse (triturador de lâminas), mas sim um triturador de rolos. No entanto, por falta de recursos financeiros para bancar o projeto original, foi necessário, então, buscar apoio no setor industrial local. Nessa oportunidade, a empresa que melhor se enquadrou na linha de pesquisa, ora desenvolvida pela Coordenação de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, foi a empresa Laboremus. Esta já possuía um mercado de mais de 30 anos, na área de desintegradores e trituradores destinados a produzir ração animal. No entanto, para não fugir a linha de produção da empresa, foi

necessário adaptar a pesquisa inicial as condições oferecidas pela mesma. Foi, então, que surgiu a idéia de trabalhar com equipamentos de forragem, como laboratório, para propor um modelo de triturador destinado ao trabalho com lixo urbano. A partir daí, começaram os testes preliminares.

7.3 - TESTES PRELIMINARES - IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS

Após os contatos mantidos com a empresa, LABOREMUS, foi necessário encontrar o local e o material ideal para realizar os testes iniciais. Nessa oportunidade, foram realizados contatos com a Fundação Nacional de Saúde, com sede no município de Esperança, Paraíba e a Prefeitura local daquele município, a fim de utilizarmos as instalações de sua usina de compostagem de lixo, para a realização dos testes preliminares, com o equipamento de forragem.

Os contatos foram positivos e, prontamente foram cedidos técnicos e funcionários para as experiências que se seguiram.

Com o aval da Prefeitura, Fundação Nacional de Saúde e apoio da empresa, LABOREMUS, foi instalado na usina de compostagem de lixo (usina artesanal), daquela cidade, um equipamento de forragem, modelo FP3 (Forrageira de Palma tipo 3), com motor trifásico de 10HP.

O próximo passo, era por o equipamento em funcionamento e observar o seu desempenho.

Durante dois meses, trabalhou-se com o equipamento sem efetuar nenhuma modificação.

Nessa oportunidade, foram observados muitos problemas. Mas efetuando-se algumas modificações, era possível oferecer um produto, que atendesse as necessidades básicas de eficiência, baixo custo de aquisição, baixo custo de manutenção, resistência e, com tecnologia regional.

Os principais pontos observados durante esses dois primeiros

meses de funcionamento foram os enumerados a seguir:

1) entupimento da "boca" do alimentador. Ocorria principalmente, quando se trabalhava com resíduos, tipo ramas de feijão. O pouco espaço do alimentador (calha de descida do material a ser triturado) dificultava o caimento dos resíduos na caixa de trituração, criando um arco pleno, que impedia a alimentação do sistema, vide figura 7.1.

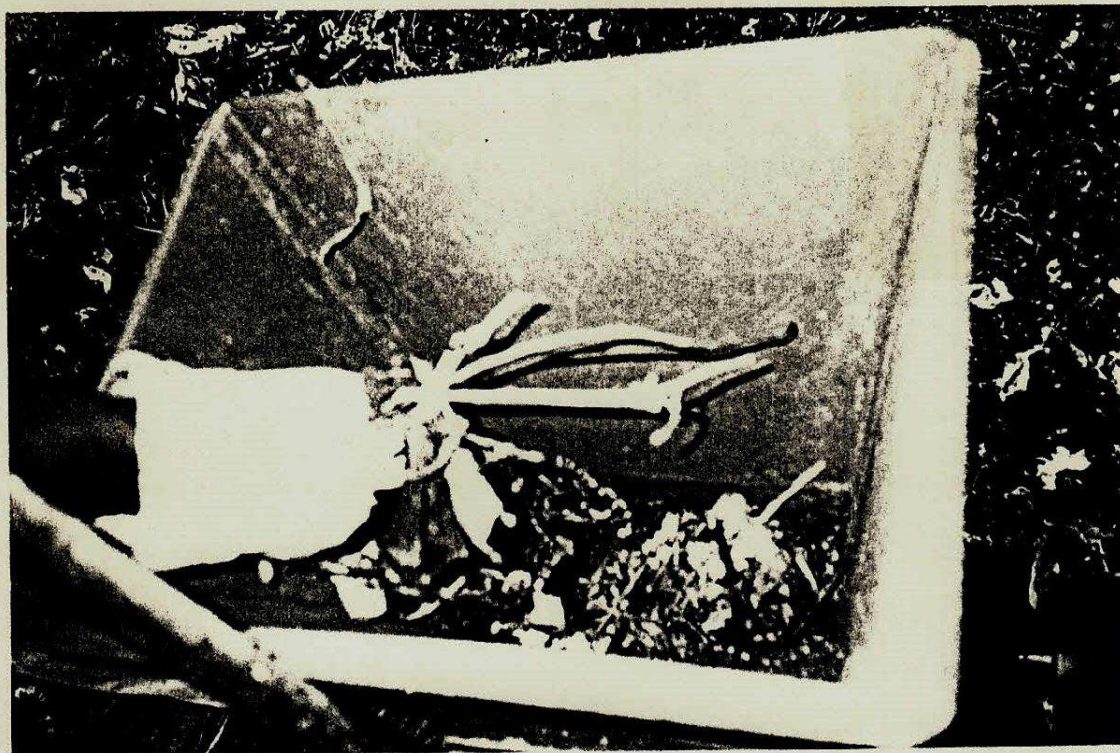


Figura 7.1 - Entupimento da "boca" do alimentador por ramas de feijão.

2) embuchamento do rotor por fibras longas e resistentes, tipo tronco de bananeira. Ocorria devido ao pequeno diâmetro do rotor e perda do gume de corte das navalhas. As fibras enroscavam no rotor, dificultando o corte dos demais resíduos e, em alguns casos, impedindo o seu funcionamento, vide figura 7.2.

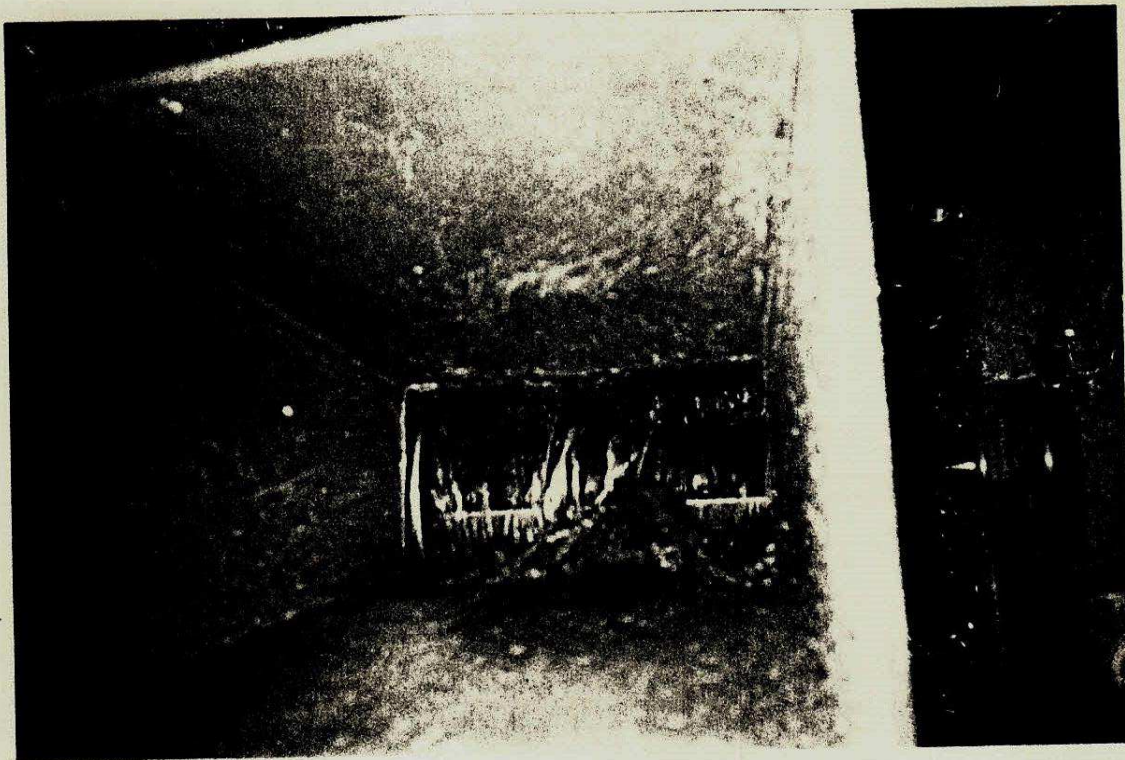


Figura 7.2 - Vista do rotor impregnado por fibras

3) **incrustações internas por resíduos triturados.** Ocorria quando as lâminas, em rotação, trituravam os resíduos. Estes úmidos e impregnados com areia, eram arremecados contra as paredes da caixa de trituração e do alimentador, fazendo com que parte desses resíduos se alojasse nas paredes internas da caixa de trituração, base do alimentador e parte central da calha de saída do material triturado, reduzindo drasticamente a vida útil dos discos de apoio das lâminas e parafusos de fixação das lâminas, dificultando a trituração de novos resíduos, vide figuras 7.3 e 7.4.

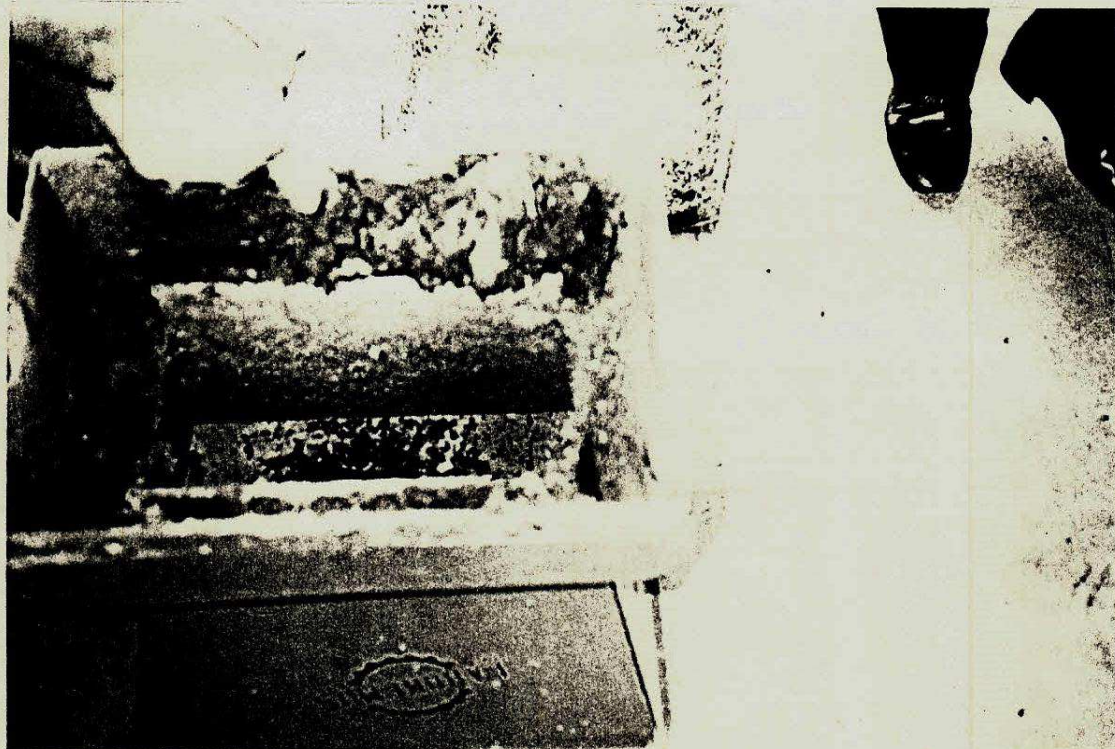


Figura 7.3 - Incrustações na base do alimentador

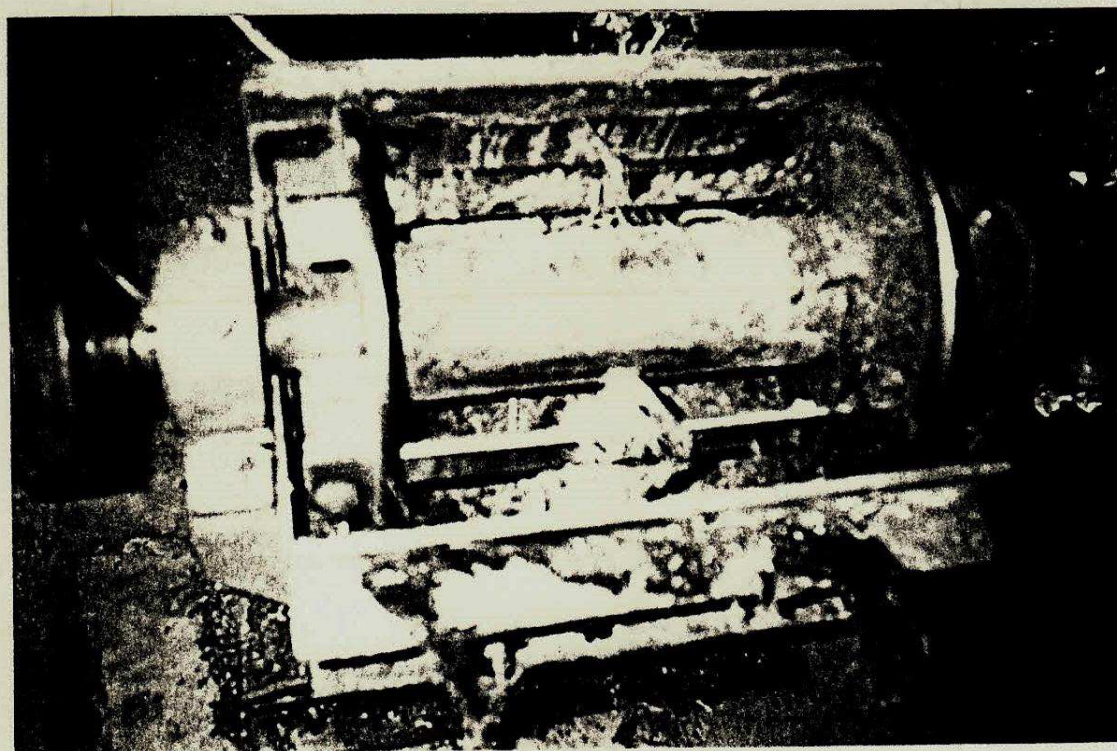


Figura 7.4 - Vista da caixa de trituração impregnada com resíduos triturados.

4) **desgaste prematuro das lâminas.** Isso ocorria, principalmente, devido a grande quantidade de areia presente na massa a triturar e a má qualidade do tratamento térmico (através de chama de oxiacetileno) realizado pela empresa, no endurecimento do gume de corte das lâminas. Nos primeiros testes, em menos de 30 minutos as lâminas perdiam, totalmente, o gume de corte, vide figura 7.5.

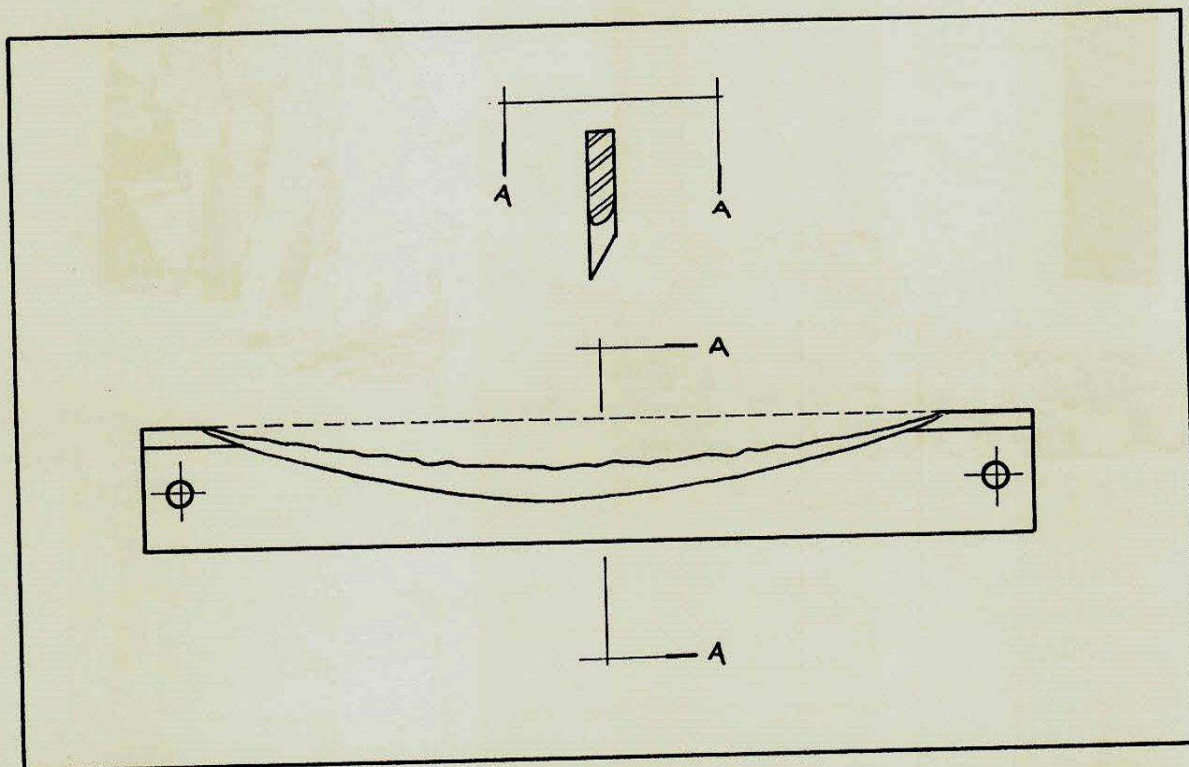


Figura 7.5 - Desgaste prematuro das lâminas

5) quando o equipamento era abastecido, partículas do triturado saíam pela calha de entrada (alimentador), chegando a danificar o telhado da usina, aonde estava instalado o equipamento, podendo, inclusive, vir a causar acidentes. Isso ocorria, principalmente, quando as lâminas perdiam o gume de corte e, quando vinham, dentro da massa a triturar, carocos de manga, vide figura 7.6.



Figura 7.6 - Vista do lançamento de partículas pela calha de entrada do material (alimentador).

6) o motor e o jogo de polias e correias trapezodais, não possuíam proteção, ficando expostos ao caimento dos resíduos sobre si, durante a alimentação do sistema. Nesse caso, tanto a segurança dos operários, como a vida útil da transmissão e, do motor eram ameaçadas, devido ao constante caimento dos resíduos sobre si, vide figura 7.7.

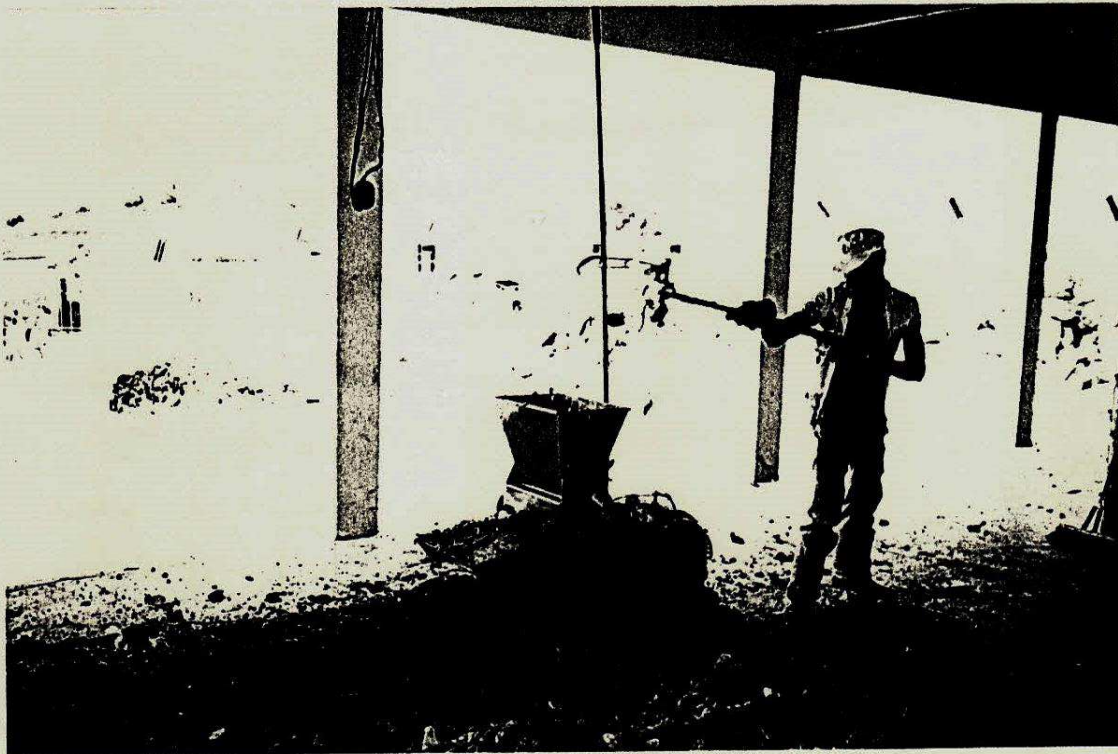


Figura 7.7 - Caimento de resíduos, durante a alimentação do equipamento, sobre o motor e o sistema de transmissão.

7) rotação do rotor elevada (3005 rpm) e descontinuidade sonora do motor, quando recebia carga. Essa rotação elevada contribuía para o desgaste prematuro das lâminas, devido, principalmente, ao grande contato dessas partes móveis com a areia presente nos resíduos. Outro ponto observado, com relação ao rotor de duas lâminas, era o som descontinuo, que vinha do motor, quando se abastecia o equipamento. Mais tarde foi verificado, que isso se dava, devido ao posicionamento das lâminas (diametralmente opostas), que criava um espaço maior para o caimento dos resíduos, gerando um esforço intermitente, que provocava um som descontinuo, quando se triturava os resíduos.

8) flexão da base do equipamento. Quando o equipamento tritu-

rava resíduos mais duros, tais como: cocos ou pequenas pedras, provocava uma flexão na base do equipamento, devido a forma da base e ao grande esforço exercido pelas lâminas no corte dos resíduos;

9) **angulação do gume de corte das navalhas** era muito acentuada, facilitando o desgaste das mesmas.

10) devido ao **pouco espaço da "boca" do alimentador**, o abastecimento era prejudicado. Era necessário esperar um pouco até que o material conseguisse descer, ser triturado, para em fim, ser novamente abastecido o alimentador.

11) foram observados, também, **dificuldades em apertar os parafusos**, que fixionavam o alimentador à caixa de trituração e, o trabalho de **esticar as correias**.

Como pode ser visto, muitos problemas foram evidenciados durante essa fase de testes preliminares. Mas, foram justamente essas dificuldades, que ajudaram a desenvolver o protótipo apresentado a seguir.

7.4 - DIAGNOSTICOS - SOLUÇÕES E TESTES DE CAMPO REALIZADOS NA USINA DE COMPOSTAGEM DE LIXO URBANO DE ESPERANÇA

De posse das observações, dos testes preliminares, foram realizadas modificações no equipamento de forragem, com o objetivo de sanar os problemas ocorridos.

A seguir são apresentadas essas modificações, as quais foram executadas pela empresa, LABOREMUS, localizada no município de Campina Grande, estado da Paraíba.

Problema 01: ENTUPIMENTO DA "BOCA" DO ALIMENTADOR.

Solução : Foi reprojetoado o alimentador, aumentando-se as suas dimensões originais.

Problema 02: EMBUCHAMENTO DO ROTOR POR FIBRAS LONGAS, TIPO TRONCO DE BANANEIRA.

Solução : Foi aumentado o diâmetro do rotor: melhorado o gume de corte das navalhas, com o emprego de eletrodo especiais e, estipulado um comprimento máximo de fibra a ser triturada (500mm).

Problema 03: INCRUSTAÇÕES INTERNAS POR RESÍDUOS TRITURADOS.

Solução : Foram soldadas barras ventiladoras, no tubo do rotor e na parte de trás dos discos de corte de apoio das lâminas, que ajudavam a expulsar os resíduos triturados. Foi, também, criada uma proteção, para os discos de apoio das lâminas, que os escondiam dos resíduos a serem triturados, evitando-se, assim, desgastes prematuro.

Problema 04: DESGASTE PREMATURO DAS LÂMINAS.

Solução : Vários testes foram realizados no gume de corte das lâminas, com o intuito de promover uma melhor capacidade de corte e durabilidade de lâminas, através de tratamentos térmicos e eletrodos especiais, sendo os melhores resultados obtidos, através do uso de eletrodos tipo E10-60r DIN:8555, FOX SP 14 da Boehler.

Problema 05: LANÇAMENTO DE PARTICULAS RETRÁTEIS, PARA FORA DO EQUIPAMENTO, QUANDO O EQUIPAMENTO ERA ABASTECIDO.

Solução : Foi projetada uma tampa basculante, que cobria a "boca" do alimentador, limitando a quantidade de resíduos a ser triturado e, impedindo a saída de partículas trituradas de dentro para fora do equipamento.

Problema 06: FALTA DE PROTEÇÃO PARA O MOTOR. POLIAS E CORREIAS.

Solução : Foi projetada uma peça, em chapa de aço e tela, que isola o motor e o jogo de polias e correias trapezoidais, proporcionando mais segurança a quem abastece a máquina.

Problema 07: ROTAÇÃO ELEVADA DO ROTOR E DESCONTINUIDADE SONORA DO MOTOR. QUANDO TRITURAVA OS RESÍDUOS.

Solução : Modificou-se a relação de transmissão do equipamento, para diminuir a rotação do rotor, passando-se de 3005 para 2430rpm e, aumentou-se o número de lâminas de duas para três. Essas modificações tornaram o trabalho do equipamento mais suave e contínuo, sem aqueles sons intermitentes, que se ouviam, aumentando-se, inclusive, a vida útil das navalhas, pelo menor contato com a areia e partículas inertes que permaneciam dentro da massa a ser triturada.

Problema 08: FLEXÃO NA BASE DO EQUIPAMENTO.

Solução : Modificou-se a base, que era plana, para uma triangular. Esta foi apoiada na caixa de trituração, melhorando a distribuição de esforços, aumentando a resistência do conjunto.

Problema 09: AUMENTO DO TEMPO DE ABASTECIMENTO, DEVIDO AO POUCO ESPAÇO DA "BOCA" DO ALIMENTADOR.

Solução : Aumentou-se as dimensões originais do equipamento, tudo conforme apresentado na solução do problema 01.

Problema 10: DIFICULDADES EM APERTAR OS PARAFUSOS QUE PRENDIAM O ALIMENTADOR A CAIXA DE TRITURAÇÃO E, PROBLEMAS EM ESTICAR AS CORREIAS.

Solução : Quanto as dificuldades em apertar os parafusos:

soldou-se à porca uma parte metálica, que a impedia de girar quando rosqueada pelo parafuso. Quanto aos problemas em esticar as correias, projetou-se na base triangular rasgos aonde eram alojados os parafusos de fixação do motor. Para esticar as correias é bastante colocar os parafusos no motor e montá-lo sobre os rasgos. Como a base é inclinada o próprio peso do motor ajuda a esticar as correias, facilitando, assim, o trabalho dos operários.

Problema 11: AS PARTICULAS TRITURADAS, QUE SAÍAM DO EQUIPAMENTO, ERAM LANÇADAS MUITO DISTANTE E ALTAS, DIFICULTANDO A OPERAÇÃO DE DESABASTECIMENTO DA AREA.

Solução : Modificou-se a calha de saída dos resíduos, que era horizontal, para inclinada para baixo e, ainda, instalou-se na saída do equipamento um defletor de partículas, resolvendo o problema.

Acatadas essas soluções, foi construído o protótipo. Em seguida, o equipamento foi transportado para a usina de compostagem de lixo do município de Esperança, aonde foram realizados os primeiros testes com o protótipo em escala real.

7.5 - PROJETO DE OTIMIZAÇÃO E TESTES DE CAMPO REALIZADOS NA USINA DE COMPOSTAGEM DE LIXO URBANO DE ESPERANÇA

O protótipo, devido as suas novas dimensões, necessitava de uma potência de acionamento mais elevada. Foi, então, que solicitou-se a Área de Térmica e Fluidos, do Departamento de Engenharia Mecânica, da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, um motor trifásico de 20HP, para os novos testes. A escolha desse motor, foi devido a inexistência de um outro motor com menor capacidade no laboratório de Térmica e Fluidos.

O próximo passo, foi encaminhar o equipamento para a usina de

compostagem de lixo de Esperança, aonde foi instalado e posto em funcionamento.

Após algumas semanas em operação, pôde-se observar os seguintes fatos:

1) **facilidade em abastecer o alimentador.** Com as novas dimensões os operários trabalhavam mais rápido, alimentando o sistema, aumentando a produção dos triturados.

2) **segurança contra partículas retráteis.** Foi observado que, após instalada a tampa basculante, o problema de partículas retráteis foram eliminadas. As partículas, agora, batiam na tampa basculante e voltavam para o interior da caixa de trituração, onde eram desintegradas.

3) **maior vazão.** Após ampliada as dimensões do rotor e demais partes integrantes do equipamento original, pôde-se observar um aumento na produção de resíduos triturados.

4) **som do motor mais uniforme.** Com a substituição das lâminas do rotor de duas para três, pôde-se observar um som mais uniforme do motor, durante a fase de trituração dos resíduos. Isso se deu, principalmente, pelo menor espaçamento entre as lâminas, vide figura 7.8.

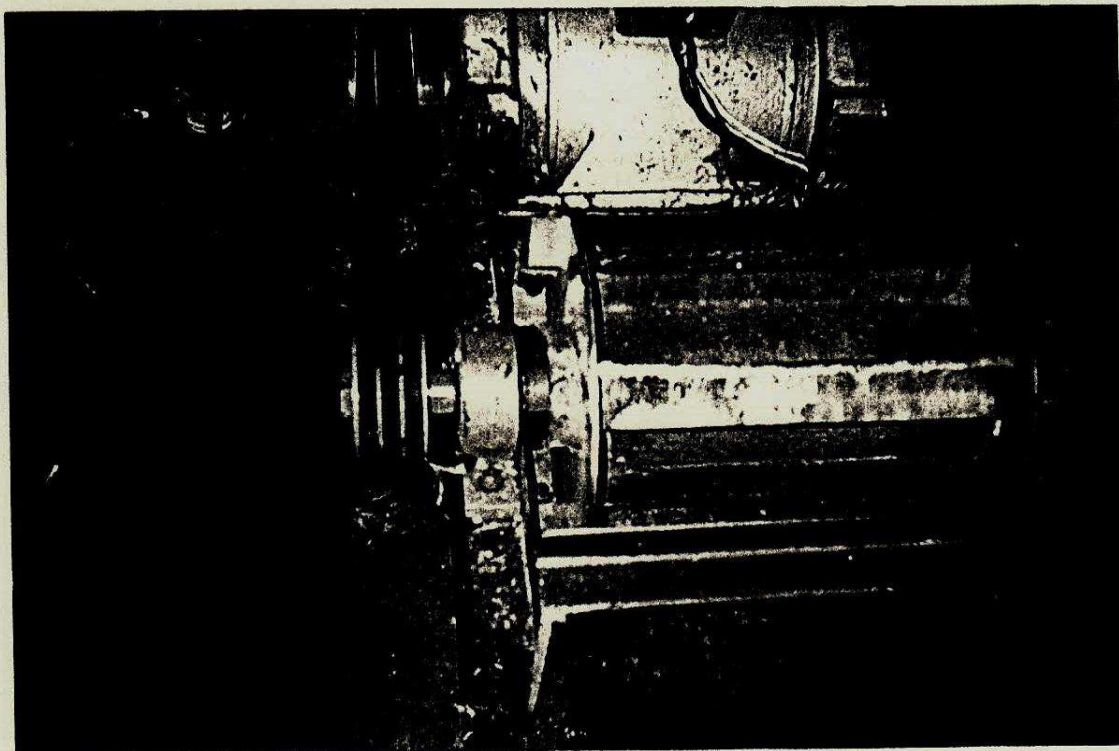


Figura 7.8 - Rotor de três lâminas.

5) **redução de incrustações internas.** Com a soldagem das barras no tubo do rotor e na parte de trás dos discos de apoio das lâminas, pôde-se observar uma redução, significativa, no acúmulo de partículas trituradas, melhorando a vazão do equipamento.

6) **desgaste prematuro das lâminas.** Mesmo trabalhando com lâminas revestidas com eletrodos especiais, não conseguimos passar dos 7 dias de operação sem manutenção. Foi, então, que surgiu a idéia de interferir no processo de triagem dos reciclados, para, assim, melhorar a eficiência do equipamento. Nessa oportunidade, foi construída uma grelha com vergalhões, que posta no final da esteira de triagem dos reciclados, ajudava a eliminar grandes quantidades de areia, pedras e outras partículas duras, impróprias à compostagem, mas que danificavam as lâminas durante a fase de trituração. Com tal procedimento, chegamos a trabalhar 15 dias sem manutenção nas lâminas.

Apesar de conseguirmos melhorar a eficiência do equipamento,

torná-lo mais resistente, a questão da eletrodeposição, para o endurecimento do gume de corte das lâminas, ainda, apresentava falhas. Essas falhas eram devido ao processo de fabricação, ou seja, da eletrodeposição, que não era efetuada de acordo com as normas especificadas nos catálogos técnicos. Apesar de mostrar o método correto, não conseguimos obter bons resultados e, algumas vezes, as navalhas, apresentavam-se com bolhas, cavidades e/ou trincas, que reduziam a vida útil das navalhas.

7.6 - ESPECIFICAÇÃO DO MOTOR PARA O TRITURADOR DE LIXO DOMICILIAR

Essa última fase de reprojeto e testes de campo é destinada ao dimensionamento do motor, para o equipamento de trituração de lixo domiciliar.

No item 7.5. deste capítulo, pôde-se ver que o equipamento trabalhava com um motor de 20HP, que foi gentilmente cedido pela Área de Térmica e Fluidos do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, para os primeiros testes de campo. No entanto, era necessário definir, qual a potência e o consumo energético do equipamento em regime de trabalho. Portanto, o equipamento, foi levado, novamente a usina de compostagem de lixo da cidade de Esperança, aonde pretendia-se instalar um medidor trifásico, destinado a medir o consumo médio de energia do equipamento, mas infelizmente não foi possível adquirir tal equipamento, e monitorar a corrente elétrica e a tensão do motor, durante a fase de trituração dos resíduos, através de um alicate amperímetro e um voltímetro.

Com esses dados, dimensionou-se a potência necessária para aquele tipo de trabalho, encontrando-se o seguinte valor: 15HP, tudo de acordo com os dados obtidos pela tabela 7.1 e os cálculos efetuados no item 7.6.1 a seguir.

7.6.1 - DIMENSIONAMENTO DO MOTOR

O motor utilizado nos testes foi o cedido pelo Laboratório de Térmica e Fluido do Departamento de Engenharia Mecânica. um motor assíncrono trifásico de 20 cv. frequência de 60 Hertz. rotação de 1730 rpm. fator de serviço igual a 1, categoria B. regime de trabalho: estrela - voltagem de 660 e amperagem de 17,5; triângulo - voltagem de 380 e amperagem de 30, modelo E 160 LXE, número KMV RM LL.

Inicialmente foi medida a tensão entre fases, através de um multímetro digital - CIE 7905 A, encontrando-se o seguinte valor máximo: 350 volts. Em seguida, através de um alicate amperímetro marca Cardeal, modelo ST-300 CLAMP TESTER, foi medida a corrente de alimentação do equipamento sob várias condições de trabalho. Os resultados são apresentados na tabela 7.1 a seguir.

Tabela 7.1 - Valores de pico da corrente, requerido pelo equipamento, durante a fase de trituração dos resíduos.

CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO	I (A)
SEM CARGA.....	10
ABASTECIDO POR PA.....	22
ABASTECIDO COM AS MÃOS.....	20
ABASTECIDO COM TONEL.....	22

Trabalhando-se com os valores máximos da corrente ($I = 22A$) e da tensão entre fases ($V = 350\text{volts}$) e adotando-se um fator de potência de 80% e um rendimento de 80%, pode-se obter:

$$\text{Potência} = (3 \times I \times V \times \text{fator de potência} \times \text{rendimento}) / 746$$

Unidade..... [HP]

$$\text{Potência} = (3 \times 22 \times 350 \times 0.8 \times 0.8) / 746;$$

$$\text{Potência} = 11.44 \text{ HP.}$$

Para maior segurança será adotado um motor de 15HP, o qual suporta segundo essa condições de trabalho 28,84 amperes de corrente.

7.7 - CONCLUSÃO

Após realizados os testes de campo e efetuadas as modificações requeridas, pôde-se chegar as seguintes conclusões:

- 1) o equipamento, pode ser instalado em qualquer usina de tratamento de lixo domiciliar, que tenha um processo de eliminação da areia e materiais inertes, presente nos resíduos sólidos urbanos, anterior à trituração.
- 2) trata-se de um equipamento de operação simplificada e de fácil manutenção.
- 3) com potência requerida para o seu funcionamento de 15HP.
- 4) resíduos fibrosos, tais como: tronco de bananeira e ramas de feijão, devem ser dosados em tamanhos de 500mm, evitando-se, assim, o embuchamento do rotor.
- 5) existe, ainda, um desgaste prematuro das lâminas, em virtude das dificuldades encontrada pela empresa em trabalhar com eletrodos especiais, para revestimento do gume de corte das navalhas.
- 6) a produção obtida com abastecimento manual, através do uso de pás, é da ordem de 30 Toneladas por dia, conforme cálculos e gráficos comparativos de produção apresentados no apêndice C.

7) o uso do equipamento, na trituração d o rejeito da compostagem, durante os testes de campo, realizados na usina de compostagem de lixo do município de Esperança, estado da Paraíba, eliminou por completo o descarte desse material.

8) o protótipo atendeu aos requisitos e as expectativas esperadas.

8.0 - CONCLUSÕES GERAIS E RECOMENDAÇÕES

8.1 - CONCLUSÕES GERAIS

Ao longo deste trabalho, procurou-se desenvolver um projeto de usina de triagem e compostagem de resíduos sólidos domiciliares, voltado para as condições sócio-econômicas do Estado da Paraíba.

Para isso, foi necessário realizar pesquisas sobre vários sistemas de reciclagem e compostagem no Brasil e no mundo, procurando ver quais os parâmetros que influenciam a escolha e o projeto desses sistemas e, aplicar a metodologia de projeto, através do método morfológico, para desenvolver formas alternativas de concepções de usinas de triagem e compostagem de resíduos sólidos domiciliares.

Procurou-se, também, fazer contatos com a indústria, local, no intuito de desenvolver, através de parceria, um equipamento simples, com baixa manutenção e assistência técnica regional, destinado a reduzir a granulometria do lixo.

Com relação ao projeto da usina de triagem e compostagem de lixo domiciliar, não foi possível conseguir verbas, junto aos órgãos competentes, para a sua construção, ficando impossibilitado de serem obtidos dados importantes com relação ao seu funcionamento. No entanto, foi doado pela Prefeitura do Campus Universitário, uma área para instalação, desse modelo de usina, com o intuito de criar, nesta instituição, um laboratório multidisciplinar, nas áreas de meio ambiente e engenharia.

Ainda, com relação ao projeto da usina de triagem e compostagem de lixo domiciliar, pode-se dizer que esse modelo, devido a sua capacidade de operação (15 toneladas por dia), pode ser aplicado a

91,22% das municipalidades do Estado da Paraíba, haja visto, que esse percentual, representa 156 municípios do Estado com população estimada até 31.000 habitantes.

Com relação ao projeto do equipamento, foi possível, através de parceria, com a indústria, desenvolver o projeto, detalhar, construir e testar, em escala real, um protótipo, na usina de compostagem de lixo do município de Esperança, Estado da Paraíba, obtendo-se bons resultados, quanto a produtividade, simplicidade de operação, manutenção e resistência do conjunto.

Nos primeiros testes, as lâminas do equipamento, não duravam mais que 30 minutos, em operação, perdendo, por completo, todo o seu gume de corte. Com o desenrolar do trabalho, utilizando eletrodos especiais, com revestimento do gume de corte das lâminas e, alterando o processo de triagem, eliminando parte da areia contida nos resíduos, chegou-se a trabalhar em média 2 semanas sem manutenção das lâminas.

A produção do equipamento de 30 toneladas por dia, triturava, folgadoamente, o lixo processado pela usina de compostagem de Esperança, que era da ordem de 10 toneladas por dia.

No geral, o equipamento se adaptou a severidade do trabalho, sendo, agora, uma opção na área de trituração de lixo domiciliar, destinado a usinas de triagem e compostagem em funcionamento dentro e fora do Estado da Paraíba.

Outro dado importante registrado durante a fase de testes com o equipamento na usina de compostagem de lixo urbano do município de Esperança, Estado da Paraíba, foi a frequência de alimentação do equipamento e o peso por pá. Foi registrada uma frequência de 10,02 pasadas por minuto, com peso médio por pá de 3,16 quilogramas.

8.2 - RECOMENDAÇÕES

Com a finalidade de otimizar o desenvolvimento desse protótipo, no que tange a inconvenientes sinalizados durante os testes, sugere-se que sejam investigados mais a fundo os seguintes pontos:

1) **durabilidade de lâmina.** É necessário corrigir o processo de fabricação das lâminas e testar novos materiais, que proporcione maior durabilidade de corte das lâminas.

2) **redimensionar o rotor.** É necessário aumentar a massa do rotor, proporcionando-lhe um efeito volante, que reduzirá o esforço de corte a potência de acionamento do equipamento.

3) **instalar uma chave liga/desliga.** Faz-se necessário instalar no equipamento uma chave liga/desliga, que certamente facilitará a operação do equipamento.

4) **projetar uma contra-faca regulável.** Este item é muito importante, pois regulará o tamanho da partícula triturada a ser compostada.

5) **reduzir a altura do alimentador.** Adotando tal procedimento melhora-se a capacidade de arrasto dos resíduos pelo rotor, devido a menor área de atrito das paredes com relação aos resíduos. Outro ponto a ser melhorado será a produtividade do equipamento, devido a maior rapidez com que os resíduos serão triturados.

6) **traçar um comparativo com equipamentos similares destinados a triturar resíduos sólidos,** obtendo-se, assim, informações importantes de produção, durabilidade, manutenção, valor de mercado, consumo energético, entre outros.

7) **determinar o consumo energético do equipamento utilizando o motor dimensionado de 15HP.**

8) **determinar a tensão cisalhante dos resíduos a triturar.** Conhecendo-se esse dado, pode-se determinar a força de corte necessária a trituração dos resíduos e conseqüentemente otimizar o equi-

damento.

Já com relação a dados técnicos sobre o gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares é preciso efetuar levantamentos sobre o peso específico do lixo domiciliar e sobre a contribuição média de quilos de lixo produzidos por dia por habitantes em vários municípios do Estado da Paraíba, afim de se conseguir parâmetros técnicos, que auxiliem em projetos futuros dessa natureza.

APENDICE A

A.0 - DIMENSIONAMENTO DA USINA, PILOTO, DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE LIXO DOMICILIAR, PARA OS MOLDES DO ESTADO DA PARAIBA

A.1 - INTRODUÇÃO

Neste apêndice são apresentados os cálculos, que auxiliaram no dimensionamento da usina de triagem e compostagem de lixo domiciliar, para os moldes do Estado da Paraíba.

Devido a inexistência de dados técnicos, sobre o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos, no Estado da Paraíba, foi necessário atribuir certos valores a alguns itens a seguir, para que fosse possível dimensionar o sistema.

Esses valores arbitrados são identificados com um asterisco entre parêntesis (*).

A.2 - DADOS IMPORTANTES AO DIMENSIONAMENTO DA USINA

- a) Número de habitantes = 30.000
- b) Produção média per-cápita de lixo produzido por habitante = 0,5 Kg/hab/dia (*)
- c) Peso específico do lixo = 0,5 Ton/m³ (*)
- d) Composição gravimétrica do lixo de Campina Grande, Estado da Paraíba.

Matéria orgânica	53,19%
Papel e papelão.....	7,40%
Plásticos.....	4,71%
Vidros.....	2,69%
Metais e não metais.....	1,68%

Areia.....	19.52%
Trapos, couro e borracha.....	3.36%
Madeira.....	0.69%
Diversos.....	6.76%

Fonte: Secretaria de Indústria Comércio e Tecnologia da Prefeitura Municipal de Campina Grande, Estado da Paraíba.

e) Período de compostagem = 120 dias

f) Capacidade de carga dos veículos coletores.

A.3 - CALCULOS

A.3.1 - QUANTIDADE DE LIXO PRODUZIDO POR DIA (MASSA - M)

Para o cálculo da produção diária, é necessário conhecer o número de habitantes do município e a produção média per-cápita de lixo produzido pelos habitantes desse município.

Com esses dados, estima-se a capacidade de produção da usina.

$M = \text{Número de hab. do município} \times \text{produção média per-cápita de lixo do município.}$

Unidade[kg x dia] ou [Ton x dia]

$M = 30.000 \times 0,5 ; \quad M = 15.000 \text{ kg} \times \text{dia.}$

A.3.2 - VOLUME DE LIXO PRODUZIDO POR DIA (VOLUME - V)

Para o cálculo do volume produzido por dia no município, é

necessário conhecer a quantidade de lixo produzido por dia e o peso específico desse lixo.

Com esses dados projeta-se algumas instalações da usina, tais como: fosso, mesa, pátio, baias e pátio.

$$V = \frac{\text{Quantidade de lixo produzido por dia}}{\text{Peso específico do lixo}}$$

Unidade.....[m³ x dia]

$$V = 15/0,5 \quad ; \quad V = 30 \text{ m}^3 \text{ x dia.}$$

A.3.3 - COMPRIMENTO DA LEIRA DE LIXO POR DIA (C_L)

Para o cálculo do comprimento da leira de lixo por dia, é necessário conhecer os valores padrões de altura e largura de leiras à compostar, volume de lixo a processar e a porcentagem de matéria orgânica contida nos resíduos.

$$\text{Altura da leira} = 1,20\text{m}$$

$$\text{Largura da leira} = 3,00\text{m}$$

$$\text{Comprimento da leira} = C_L$$

$$\text{Volume de lixo produzido por dia} = 30\text{m}^3$$

$$\text{Porcentagem de matéria orgânica contida no lixo} = 53,19\%$$

$$\text{Volume de lixo produzido por dia} \times \% \text{ de matéria orgânica}$$

$$C_L = \frac{\text{Largura da leira} \times \text{Altura da leira}}$$

$$C_L = 30 \times 0,5319 / (1,20 + 3,00) \quad ; \quad C_L = 3,80\text{m}$$

A.3.4 - AREA OCUPADA PELA LEIRA (A_L)

Para o cálculo da área ocupada pela leira, é necessário conhecer o comprimento da leira e a sua largura. Com esses dados e mais a área de circulação de carrinhos, ou outros equipamentos destinados ao transporte e reviramento de leiras é possível determinar a área do pátio de compostagem.

$$A_L = \text{Largura da leira} \times \text{comprimento da leira por dia}$$

$$A_L = 3,0 \times 4,43; \quad A_L = 13,29\text{m}^2$$

A.3.5 - AREA DO PATIO DE COMPOSTAGEM (A_c)

Para o cálculo da área do pátio de compostagem, é necessário conhecer a área ocupada pela leira, a área de circulação de carrinhos e o período de compostagem.

$$A_c = (\text{Area ocupada pela leira} + \text{Area de circulação de carrinhos}) \times \text{período de compostagem}$$

$$\text{Area de circulação} = 2(*) \times \text{comprimento da leira}$$

$$\text{Area de circulação} = 2 \times 3,80$$

$$\text{Area de circulação} = 7,60\text{m}^2$$

$$A_c = (13,29 + 7,60) \times 120; \quad A_c = 2.506,80\text{m}^2$$

$$1 \text{ hectare} = 10.000 \text{ m}^2, \text{ logo } A_c = 0,2507 \text{ ha}$$

Trabalhando com uma folga, prevendo aumento na produção de

composto da usina. será tomada a área de 0.5 ha para o pátio de compostagem.

A.3.6 - CALCULO DO VOLUME DO FOSSO DE RECEBIMENTO DOS RESIDUOS (V_F)

Para o dimensionamento do fosso de recebimento dos resíduos, é necessário conhecer o volume de lixo coletado a ser processado, e o tipo de veículo coletor utilizado nesse traslado (compactador, baú, carroça...), pois o tipo de acondicionamento altera a densidade do lixo e conseqüentemente as variáveis do dimensionamento. Nesse caso particular, trabalhou-se com um caminhão compactador tipo sita 600, com capacidade estimada para transportar por viagem 7 toneladas de resíduos. Em seguida, de posse do volume estimado de 30m³, atribui-se valores para a largura e o comprimento, determinando a profundidade do fosso.

Dados:

$$V_F = 30m^3$$

$$\text{Largura} = 6m$$

$$\text{Comprimento} = 5m$$

$$\text{Profundidade} = ?$$

$$\text{Profundidade} = V_F / (\text{largura} \times \text{comprimento})$$

$$\text{Profundidade} = 1m$$

Nesse caso particular, adotou-se a profundidade do fosso de 0.5m, a fim de proporcionar mais ventilação ao setor de recebimento dos resíduos e proporcionar por turno de trabalho, uma descarga de aproximadamente 8 toneladas.

A.3.7 - CALCULO DAS BAIAS

Para o dimensionamento das baias é preciso conhecer a massa de resíduos a ser processada na usina, a porcentagem de material passível de comercialização, dentro dessa massa, e sua densidade.

Um ponto importante a ser considerado nesse cálculo, está no volume a armazenar. No mínimo, esse volume deve ser igual a uma carga de um caminhão, modelo F 4000, por exemplo. Pois se, assim, não for considerado, corre-se o risco de não ter comprador, devido ao encarecimento do frete, ficando os reciclados sem compradores.

$$V_b = \frac{\text{Massa de lixo a ser processado} \times \% \text{ de material comercializável}}{\text{Densidade do material comercializável}}$$

No caso particular deste trabalho, por falta de dados técnicos sobre os resíduos desse Estado, é adotado um volume constante para as baias de $15m^3$.

A.3.8 - CALCULO DO VOLUME DE COMPOSTO PRODUZIDO NA USINA (V_{COMP})

Para determinar o volume de adubo no final da compostagem, é preciso conhecer o volume de lixo a processar, o teor de matéria orgânica presente no lixo, a redução das leiras, durante o período da compostagem e o período de compostagem.

O rejeito do peneiramento não está sendo considerado, pois nesse processo, passa-se as sobras do peneiramento no triturador, eliminando o rejeito da compostagem.

V_{COMP} = Volume do lixo a ser processado x porcentagem de matéria orgânica contida nos resíduos x porcentagem de redução das leiras durante a compostagem x período de compostagem

$$V_{COMP} = 30 \times 0,5319 \times 0,50 \times 120; \quad V_{COMP} = 957,42m^3$$

Redução das leiras durante a compostagem = 50%

Fonte: Usina de compostagem de Esperança, Estado da Paraíba.

A.3.9 - CALCULO DO REJEITO DA USINA (R_U)

Para estimar o rejeito da usina, é necessário conhecer a composição gravimétrica e o volume do lixo a processar.

Com a composição gravimétrica, faz-se o somatório dos materiais que não servem à compostagem e nem a reciclagem, multiplicando-se esses valores pelo volume do lixo a processar, obtendo-se o rejeito do processo.

Volume do rejeito = [(Porcentagem de trapos, couro e borra-cha) + (Porcentagem de madeira) + (Porcentagem de diversos)] x Volume do lixo a triturar

$$\text{Volume do rejeito} = (3,36\% + 0,69\% + 6,76\%) \times 30$$

Volume do rejeito = 3,243m³, logo o rejeito da compostagem será de:

$$R_U = (3,243 \times 100)/30; \quad R_U = 10,81\%$$

A.3.10 - CALCULO DA FREQUENCIA DE ABASTECIMENTO DA USINA (F_A)

Para determinar a frequência de abastecimento da usina, é necessário conhecer a capacidade de carga do carro coletor e a massa de lixo a processar. Através de uma simples operação matemática determina-se a frequência de abastecimento.

Massa de lixo a processar

$$F_A = \frac{\text{_____}}{\text{_____}}$$

Capacidade de carga do carro coletor

Tomando como exemplo um caminhão coletor, modelo, SITA 600, com capacidade de carga para 7 toneladas, temos:

$F_A = 15/7$; $F_A = 2,14$ caminhões, sendo um pela manhã e outro à tarde.

A.4 - CONCLUSAO

Os cálculos efetuados nesse apêndice, vem a comprovar a necessidade dos levantamentos preliminares e os estudos específicos sobre os resíduos sólidos urbanos, já mencionados no CAPITULO III.

APENDICE B

B.0 - FORÇAS ATUANTES NO TRITURADOR DE LIXO DOMICILIAR

B.1 - INTRODUÇÃO

Neste apêndice é apresentado o esquema físico e o cálculo de alguns elementos de máquina que fazem parte do equipamento, com base no motor de 20 cv cedido pelo Laboratório de Térmica e Fluidos da Universidade Federal da Paraíba, Campus II, e no motor de 15 cv dimensionado no capítulo VII, através de medições de campo efetuadas na usina de compostagem de lixo do município de Esperança, Estado da Paraíba.

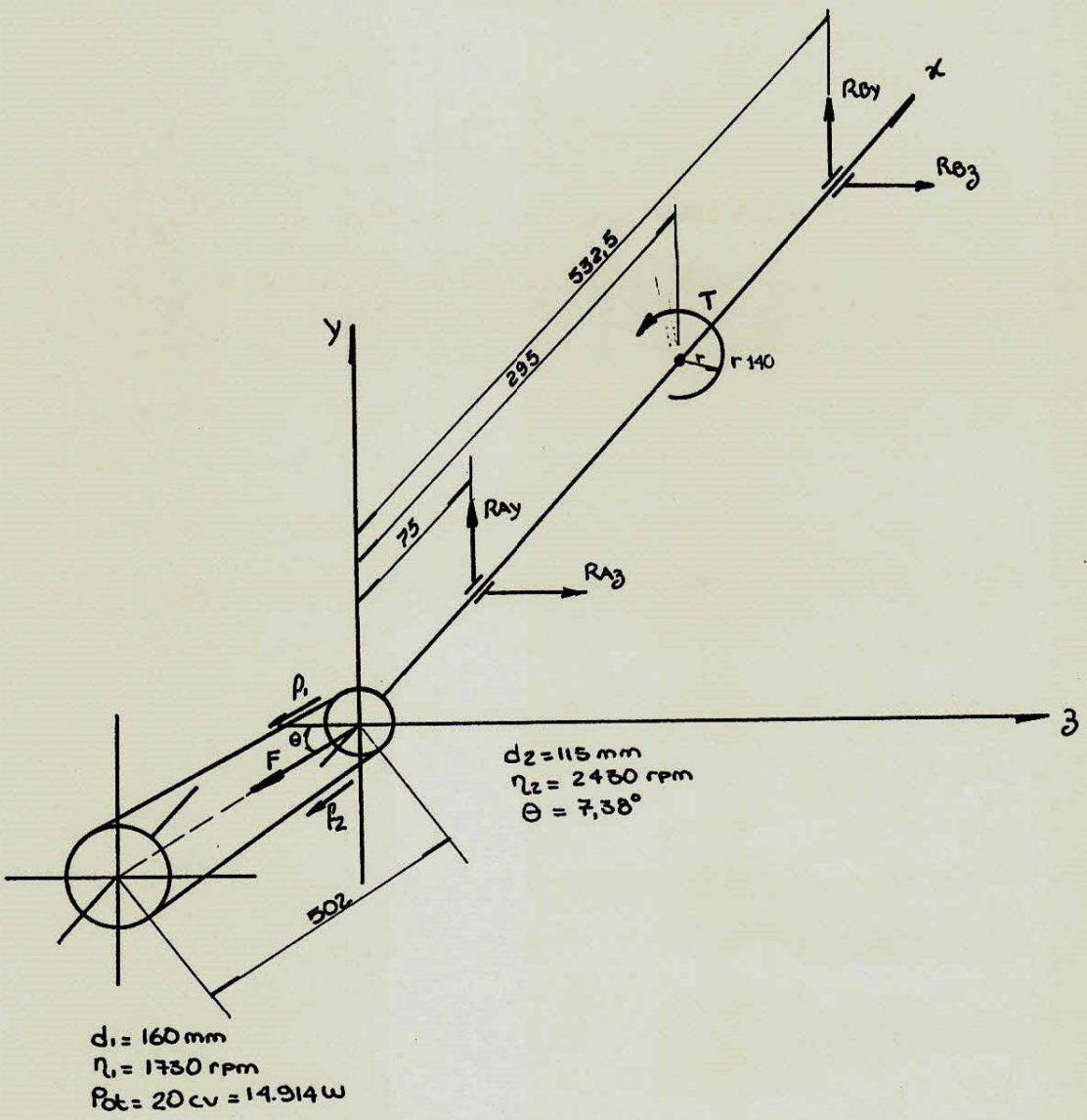
As bibliografias consultadas para se obter os resultados foram as seguintes: Elementos de Máquinas, volume 2 de Joseph Edward Shigley; SKF - Guia de Manutenção e Reposição de Rolamentos, ed. Lithographica Ypiranga; Controle de qualidade - Ensaio de Dureza, ed. Panambra.

B.2 - DADOS IMPORTANTES PARA O CÁLCULO DOS ESFORÇOS DESENVOLVIDOS NO EQUIPAMENTO (TRITURADOR DE LIXO DOMICILIAR)

- . Diâmetro da polia condutora (D) = 160mm
- . Diâmetro da polia conduzida (d) = 115mm
- . Rotação na polia condutora (n_1) = 1730rpm
- . Rotação na polia conduzida (n_2) = 2430rpm
- . Distância entre centros da polia condutora a conduzida (C) = 502mm
- . Potência de acionamento (Pot) = 20 cv = 14,914 Kw
- . Inclinação entre a linha de centros das polias e a hori-

- zontal $(\theta) = 7.38^\circ$
- . Distância entre a polia conduzida e o primeiro mancal $(x_1) = 75\text{mm}$
- . Distância entre a polia conduzida e o centro do rotor $(x_2) = 295\text{mm}$
- . Distância entre a polia conduzida e o segundo mancal $(x_3) = 532.5\text{mm}$
- . Tipo de correia utilizada = E

B.3 - ESQUEMA FISICO DO TRITURADOR DE LIXO DOMICILIAR



B.4 - CALCULOS

B.4.1 - TORQUE (T) DESENVOLVIDO NA POLIA CONDUTORA

Para o cálculo do torque, é necessário conhecer a rotação e a potência do motor.

$$T = (9,55 \times \text{Pot [w]}) / \eta_1 [\text{rpm}]$$

Unidade.....[N x m]

$$T = (9,55 \times 14914) / 1730 : \quad T = 82,33 \text{ N x m ou}$$

$$T = 82.328,73 \text{ N x mm}$$

B.4.2 - FORÇA NA ARVORE (F) DESENVOLVIDA PELA TRANSMISSÃO DE POTÊNCIA ENTRE POLIAS

Para o cálculo da força na árvore desenvolvida pela transmissão de potência entre polias, é necessário conhecer as tensões desenvolvidas nos ramos tenso (f_1) e frouxo (f_2) da polia conduzida.

Para isso utiliza-se da relação o torque que entra é igual ao torque que sai.

$$F = f_1 + f_2$$

Unidade..... [N]

$T = (\text{tensão no ramo tenso} - \text{tensão no ramo frouxo}) \times \text{raio da polia conduzida}$

$$T = (f_1 - f_2) \times r_{pe} ; \quad f_2 = 0,2f_1$$

$$82.328,73 = (f_1 - 0,2f_1) \times 57,5; \quad f_1 = 1.789,76 \text{ N}$$

$$f_2 = 357,95 \text{ N} \quad \text{logo } F = 2.147,71 \text{ N}$$

B.4.3 - REAÇÕES NOS MANCAIS A (R_A), E B (R_B)

Para o cálculo das reações nos mancais, é necessário conhecer as forças atuantes na árvore e as distâncias dos elementos de máquina a um ponto de referência situado na árvore (Vide esquema físico do triturador de lixo domiciliar), e desenvolver o diagrama de equilíbrio estático.

$$\sum F_y = 0; \quad F \times \text{sen}\theta + R_{Ay} + R_{By} = 0$$

$$-2.147,71 \times \text{sen}7,38^\circ + R_{Ay} + R_{By} = 0$$

$$R_{Ay} = 275,87 - R_{By}$$

$$\sum F_z = 0; \quad F \times \text{cos}\theta + R_{Az} + R_{Bz} = 0$$

$$-2.147,71 \times \text{cos}7,38^\circ + R_{Az} + R_{Bz} = 0$$

$$R_{Az} = 2.129,92 - R_{Bz}$$

$$\sum M_{Oy} = 0; \quad 75 \times R_{Ay} + T + 532,5 \times R_{Byz} = 0$$

$$75(275,87 - R_{By}) + 82.328,73 + 532,5 \times R_{By} = 0$$

$$R_{By} = -225,18 \text{ N}; \quad R_{Ay} = 501,05 \text{ N}$$

$$\sum M_{Oz} = 0; \quad 75 \times R_{Az} + T + 532,5 \times R_{Bz} = 0$$

$$75(2.129,92 - R_{Bz}) + 82.328,73 + 532,5 \times R_{Bz} = 0$$

$$R_{Bz} = -529,12 \text{ N}; \quad R_{Az} = 2.659,04 \text{ N}$$

Reação no mancal A : $R_A = 2.705,84N$ ou $R_A = 276,0kgf$

Reação no mancal B : $R_B = 575,04 N$ ou $R_B = 58,65 kgf$

B.4.4 - FORÇA DE CORTE (F_c) EMPREENDIDA PELA NAVALHA

Para determinar a força de corte empreendida pela navalha, é necessário conhecer o torque desenvolvido na árvore e a distância entre a linha de centro da árvore e o eixo de corte da navalha (raio).

$$F_c = T/r$$

Unidade.....[N] ou [kgf]

$$F_c = 82.328,73/140 ; F_c = 588,06N \text{ ou } F_c = 59,98Kgf$$

B.4.5 - CAPACIDADE DE CARGA NOS ROLAMENTOS A (C_{ra}) E B (C_{rb})

Para determinar a capacidade de carga dos nos rolamentos, é necessário estimar certas condições de trabalho, tipo de rolamentos a serem utilizados, fator de aplicação, carga nos mancais, entre outros.

$$C_r = f_{ap} \times R \times [(L_h \times 60 \times 2) / (6,34 \times 10^6)]^{1/a}$$

Unidade..... [KN]

Dados importantes para o dimensionamento:

- Máquina para 8h de serviço diário nem sempre utilizada inteiramente..... $L_h = 17.000h$
- Rolamentos de esferas..... $a = 3$

- Máquina com carga de choque médio..... $f_{ap} = 2,25$
- Reação no mancal A..... $R_A = 2,71$ KN
- Reação no mancal B..... $R_B = 0,58$ KN

$$C_{rA} = 2,25 \times 2,71 \times [(17.000 \times 60 \times 2430)/(6,84 \times 10^6)]^{1/3}$$

$$C_{rA} = 43,41 \text{ KN. Tipo do rolamento 6408 - SKF}$$

$$C_{rB} = 2,25 \times 0,58 \times [(17.000 \times 60 \times 2430)/(6,84 \times 10^6)]^{1/3}$$

$$C_{rB} = 9,22 \text{ KN. Tipo do rolamento 6204 - SKF}$$

B.4.6 - COMPRIMENTO DAS CORREIAS (L)

Para o cálculo das correias, é preciso conhecer a distância entre centros das polias, os diâmetros das polias, os ângulos de abraçamento das correias nas polias e aplicar um fator de correção encontrado na Tabela 15-2 do Shigley, Elementos de Máquinas, volume 2, página 584.

$$L = \sqrt{4C^2 - (D - d)^2} + 0,5(D \times \theta_L + d \times \theta_s)$$

Unidade..... [mm]

$$\theta_L = \pi + 2 \arcsen (D - d)/(2C)$$

$$\theta_L = \pi + 2 \arcsen (160 - 115)/(2 \times 502); \quad \theta_L = 3,23 \text{ radianos}$$

$$\theta_s = \pi - 2 \arcsen (D - d)/(2C)$$

$$\theta_s = \pi - 2 \arcsen (160 - 115)/(2 \times 502); \quad \theta_s = 3,05 \text{ radianos}$$

$$L = \sqrt{4(502)^2 - (160 - 115)^2} + 0,5(160 \times 3,23 + 115 \times 3,05)$$

$$L = 1.436,77 \text{ mm}$$

Somando o fator de correção encontrado na Tabela 15-2, página 584 do Shigley, encontramos $L = 1.482,77\text{mm}$.

B.4.7 - VELOCIDADE DA CORREIA (V_c)

Para determinar a velocidade da correia, é preciso conhecer o diâmetro da polia menor e a rotação da polia menor.

$$V_c = (\pi \times d \times n) / 60.000$$

Unidade..... [m/s]

$$V_c = (\pi \times 115 \times 2430) / 60.000 ; \quad V_c = 14,63\text{m/s}$$

B.4.8 - POTENCIA POR CORREIA (P_c)

Para o cálculo da potência por correia, é necessário conhecer a velocidade da correia e o diâmetro da menor correia. Em seguida de posse da tabela 15-3, página 585, do livro Elementos de Máquinas, volume 2, do Shigley, interpolam-se os valores encontrando-se a capacidade de potência para correias trapezoidais padronizadas. Posteriormente, multiplica-se esse valor pelos fatores de correção K_1 e K_2 , encontrados na figura 15-4, página 584, do livro Elementos de Máquinas, do Shigley, e tabela 15-4, página 566 do mesmo livro, determinando-se a potência por correia.

$$P_c = K_1 \times K_2 \times P$$

Unidade [Kw]

V[m/s].....	Pc[Kw]	
10	1.41	
14,63	P	
15	1,62 :	Pc = 1,604 Kw

$$K1 = 0,96; \quad K2 = 0,9$$

$$Pc = 0,96 \times 0,9 \times 1,604; \quad Pc = 1,39 \text{ Kw}$$

B.4.9 - NÚMERO DE CORREIAS (Nc)

Para o cálculo do número de correias, é necessário conhecer a potência de acionamento do motor e a potência por correia.

$$Nc = Pot/Pc$$

$$Nc = 14,914/1,39 : \quad Nc = 10,73 \text{ correias}; \quad Nc = 11 \text{ correias}$$

B.4.10 - TENSÃO SUPOSTADA PELO ELETRODO (σ)

Para o cálculo da tensão que o eletrodo pode suportar, é necessário conhecer a dureza Brinell (H) do metal depositado.

$$\sigma = 0,36 \times H$$

Unidade..... [Kgf/mm²]

Tipo do eletrodo utilizado nos testes: FOX SP 14 da BOEHLER.

Dureza para duas camadas de eletrodo depositado: 60 - 64 HRC.

Convertendo essas durezas para a dureza Brinell, e trabalhando-se com a média obtém-se:

60HRc 632HBr

64HRc 683KBr; H(médio) = 653HBr. logo

$$\sigma = 0,36 \times 653; \quad \sigma = 235,08 \text{ Kgf/mm}^2$$

B.5 - CALCULOS DE ALGUNS ELEMENTOS DE MAQUINAS QUE FAZEM PARTE DO EQUIPAMENTO E FORÇAS ATUANTES, UTILIZANDO O MOTOR DE 15 CV, DIMENSIONADO NO CAPITULO VII

Neste item são apresentados os resultados dos cálculos de torque, reacões nos mancais, capacidade de carga dos rolamentos entre outros, com base no motor de 15 cv dimensionado no capítulo VII a partir de medições efetuadas na usina de compostagem de lixo do município de Esperança, estado da Paraíba.

TORQUE (T).....	61.771,39 Nmm
FORÇA TRANSMITIDA A ARVORE (F).....	1.611,43 N
REAÇÃO NO MANCAL A (R _A).....	2.030,19N = 207,08Kgf
REAÇÃO NO MANCAL B (R _B).....	431,46 N = 44,01Kgf
FORÇA DE CORTE DA NAVALHA (F _c).....	441,22 N = 45,01Kgf
CAPACIDADE DE CARGA NO	
ROLAMENTO A (C _{ra}).....	32.57KN - 6408 SKF
CAPACIDADE DE CARGA NO	
ROLAMENTO B (C _{rb}).....	7,08 KN - 6301 SKF
COMPRIMENTO DA CORREIA (L).....	1482,77 mm
VELOCIDADE DA CORREIA (V).....	14,63 m/s
POTENCIA POR CORREIA (P _c).....	1,39 KW
NUMERO DE CORREIAS (N _c).....	8 (TIPO B)
TENSAO SUPORTADA PELO ELETRODO (σ).....	235,08 Kgf/mm ²

B.6 - CONCLUSÃO

Os cálculos mostram que o uso do motor de 20 cv. promove esforços maiores no equipamento não sendo, no entanto, necessário ao bom funcionamento do mesmo.

Já o uso de um motor de 15 cv. dimensionado no capítulo VII, além de produzir esforços menores nos elementos de máquinas do equipamento, aumentando teoricamente a sua vida útil, promove uma redução de custo na instalação desse equipamento, já que não é necessário o uso de um quadro elétrico tão sofisticado como o de um motor de 20 cv como, também, atende a demanda de potência requerida para o trabalho de trituração, evitando-se maiores desperdícios. Com relação ao grande número de correias, pode-se aumentar os diâmetros das polias para se obter uma redução no número de correias, ou utilizar correias tipo C, ou pode-se melhorar o rotor dando-lhe um efeito volante maior reduzindo, assim, a potência do motor e conseqüentemente reduzindo o número de correias.

APENDICE C

C.0 - CALCULO DA PRODUTIVIDADE DA FORRAGEIRA (FP3) E DO TRITURADOR DE LIXO DOMICILIAR

C.1 - INTRODUÇÃO

Neste apêndice são apresentadas as tabelas com os valores do peso, tempo e o cálculo da produção dos equipamentos testados como trituradores na usina de compostagem de lixo urbano do município de Esperança, bem como os gráficos comparativos desses resultados.

C.2 - PRODUÇÃO DA MAQUINA FORRAGEIRA TIPO 3 (FP3) DA EMPRESA LABO-REMUS, UTILIZANDO ROTOR DE DUAS LAMINAS

Experimento	peso (KG)	tempo (MIN)	produção (KGxH)	produção por dia (KGxDIA)	média (KGxDIA)
1o	948	56	1015,71	8.125,71	8125,71
2o	707	39	1087,69	8.701,54	8413,63
3o	558	25	1339,20	10.713,60	9180,28
4o	760	65	701,54	5.612,31	8288,29
5o	2624	111	1418,38	11.347,03	8900,04
6o	798	37	1294,05	10.352,43	9142,10
7o	414	25	993,60	7.948,80	8971,63
8o	923	25	2215,20	17.721,60	10065,38
9o	2283	80	1712,25	13.698,00	10469,00
10o	319	70	273,43	2.187,43	9640,85
11o	654	30	1308,00	10.464,00	9715,68
12o	2104	73	1729,32	13.834,52	10058,91
13o	1999	146	821,51	6.572,05	9790,69
14o	2530	147	1032,65	8.261,22	9681,45
15o	1647	77	1283,38	10.267,01	9720,48
16o	2197	92	1432,83	11.642,61	9829,37
17o	2145	225	572,00	4.576,00	9520,35

Tabela C.1 -Produção da máquina forrageira tipo 3 (FP3) utilizada como triturador de lixo na usina de compostagem de lixo urbano do município de Esperança, estado da Paraíba - (Rotor de 2 lâminas).

C.2.1 - CALCULOS DA TABELA C.1

a) Produção (Kg/h) = (peso / tempo) x 60

Experimento 12g: peso = 2104 Kg; tempo = 73 minutos

Produção (Kg/h) = (2104 / 73) x 60; **Produção = 1729,32Kg/h**

b) Produção por dia (Kg/dia) = Produção x 8

Turno de trabalho de 8 horas

Experimento 12g: Produção = 1729,32Kg/h

Produção por dia = 1729,32 x 8; **Produção = 13.834,52Kg/dia**

c) Média (Kg/dia) = Produção por dia / número de experimentos

C.3 - PRODUÇÃO DA MÁQUINA FORRAGEIRA TIPO 3 (FP3) DA EMPRESA LABOREMUS, UTILIZANDO ROTOR DE TRÊS LAMINAS

Experimento	peso (KG)	tempo (MIN)	produção (KG/H)	produção por dia (KG/DIA)	média (KG/DIA)
1g	1818	138	790,43	6.323,48	6323,48
2g	840	58	868,97	6.951,72	6637,60
3g	873	90	582,00	4.656,00	5977,07
4g	2316	111	1251,89	10.015,14	6986,58
5g	1651	138	717,83	5.742,61	6737,79
6g	388	125	186,24	1.489,92	5863,14
7g	4875	131	2232,82	17.862,59	7577,35
8g	2834	150	1133,60	9.068,80	7763,78
9g	1731	175	593,49	4.747,89	7428,68

Tabela C.2-Produção da máquina forrageira tipo 3 (FP3) utilizada como triturador de lixo na usina de compostagem de lixo urbano do município de Esperança, estado da Paraíba - (Rotor de 3 lâminas).

* Os cálculos efetuados na tabela C.2 são idênticos ao da tabela C.1.

C.4 - PRODUÇÃO DO TRITURADOR DE LIXO DOMICILIAR

Experimento	Peso (Kg)	Tempo (min)	Produção (Kg/h)	Produção por dia (Kg/dia)	Média (Kg/dia)
1 ^o	292	5	3504,00	28.032,00	28032,00
2 ^o	1157	10	6942,00	55.536,00	41784,00
3 ^o	1157	24	2892,50	23.140,00	35569,33
4 ^o	534	15	2136,00	17.088,00	30949,00
5 ^o	1778	38	2807,37	22.458,95	29250,99
6 ^o	296	9	1973,33	15.786,67	27006,94
7 ^o	4440	43	6195,34	49.562,79	30229,20

Tabela C.3 - Produção do triturador de lixo domiciliar testado na usina de compostagem de lixo urbano do município de Esperança, Estado da Paraíba.

C.5 - PESO POR PÁ E FREQUÊNCIA DE ABASTECIMENTO

Teste	Peso (Kg)	Tempo (min)	Número de pásadas	Peso por pá (Kg)	Frequência (pás/min)	Média/peso da pá (Kg)	Média Freq.
1 ^o	292	5	80	3,65	8,00	3,65	8,00
2 ^o	1157	10	425	2,72	21,25	3,19	14,62
3 ^o	1157	24	364	3,18	7,58	3,18	12,28
4 ^o	534	15	171	3,12	5,70	3,17	10,63
5 ^o	1778	38	560	3,18	7,37	3,17	9,98
6 ^o	296	9	148	1,97	8,22	2,97	9,69
7 ^o	4440	43	1036	4,29	12,05	3,16	10,02

Tabela C.4 - Peso por pá e frequência de abastecimento do equipamento (Triturador de lixo domiciliar).

C.6 - OBSERVAÇÕES

a) Durante a fase de trituração a máquina forrageira (FP3), com rotor de duas lâminas, produzia um som intermitente, ocasionado pelo trabalho de corte das lâminas e devido ao grande espaçamento entre lâminas (180°).

b) O uso de um rotor de três lâminas, dispostas de 120°, na forrageira (FP3), melhorou o som produzido pelo motor, dando-lhe um regime mais uniforme.

C.7 - GRAFICOS

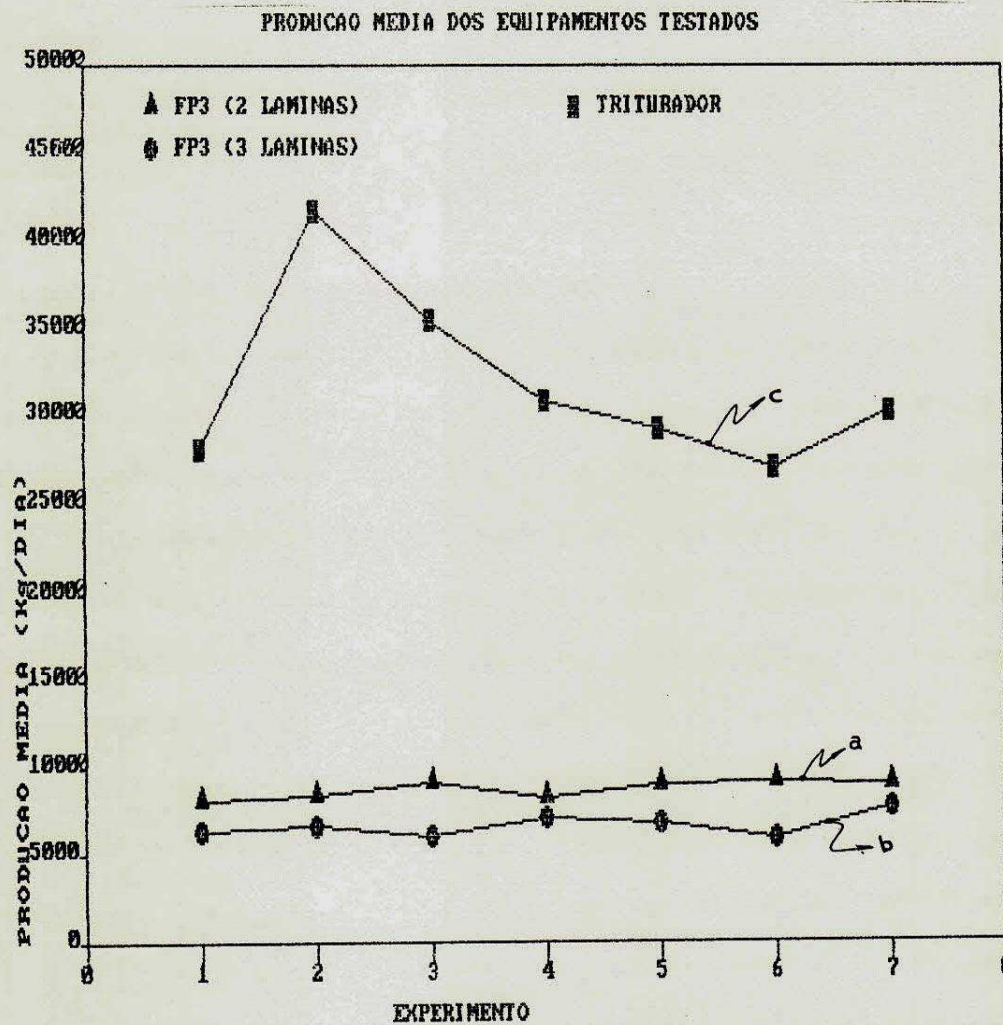


Figura C.1 - Gráficos comparativos da produção média dos equipamentos testados na usina de compostagem de lixo urbano do município de Esperança, Estado da Paraíba.

Os gráficos a, b e c mostram a produção média de resíduos triturados pelos equipamentos testados na usina de compostagem de lixo urbano do município de Esperança.

O gráfico a, refere-se a produção média do primeiro equipamento a ser testado na usina: a forrageira para palma tipo 3 (FP3, com duas lâminas). As pequenas alterações no gráfico são devido as características próprias do lixo e da frequência de abastecimento

do equipamento.

O gráfico b. mostra a produção média do primeiro equipamento a ser testado na usina, com modificações no número de lâminas do rotor (rotor com três lâminas). Como pode ser observado, existe uma "queda" na produção do equipamento. Isso ocorreu, devido ao menor espaçamento entre lâminas, causado pelo aumento no número de lâminas (três), dispostas de 180°, dificultando o escoamento de uma quantidade maior de resíduos a triturar.

O gráfico c. mostra a produção média do triturador de lixo domiciliar proposto por esse trabalho. Nessa oportunidade, observa-se de imediato um aumento na produção de triturados em torno de 3 vezes se comparado com a FP3 de duas lâminas, e de 5 vezes se comparado com a FP3 de três lâminas. Essa produção se justifica a partir das modificações efetuadas no equipamento, conforme relatadas no capítulo VII, tais como: melhoria da ventilação interna, para a expulsão dos resíduos triturados; melhoria no gume de corte da navalha, utilizando-se eletrodos especiais; nas medidas de segurança adotadas, como a inclusão de tampa basculante e proteção para o motor e transmissão, facilitando o abastecimento do equipamento.

As variações na produção de triturados observadas no gráfico, são decorrentes a frequência de abastecimento, tipo de resíduos a ser triturados, peso por pã e desgaste de lâminas.

FREQUENCIA DE ABASTECIMENTO POR OPERARIO

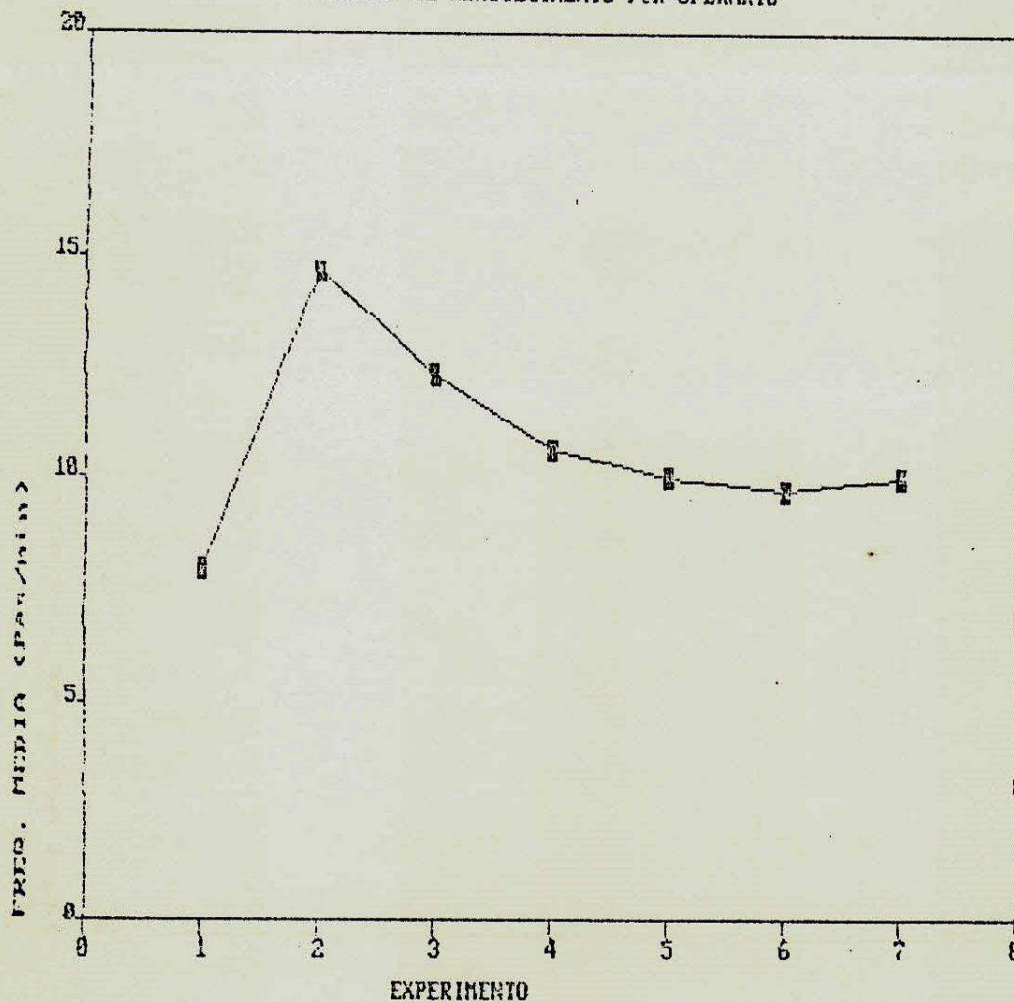


Figura C.2 - Gráfico da frequência média de abastecimento desenvolvido pelos operários, durante a fase de testes dos equipamentos destinados a triturar lixo domiciliar, na usina de compostagem de lixo urbano do município de Esperança, Estado da Paraíba.

O gráfico mostra a frequência média de abastecimento por operário durante a fase de testes dos equipamentos destinados a triturar lixo domiciliar, na usina de compostagem de lixo urbano do município de Esperança. As variações são devido as características próprias do lixo, tais como: densidade, volume, umidade, entre outras e do nível de durabilidade das lâminas.

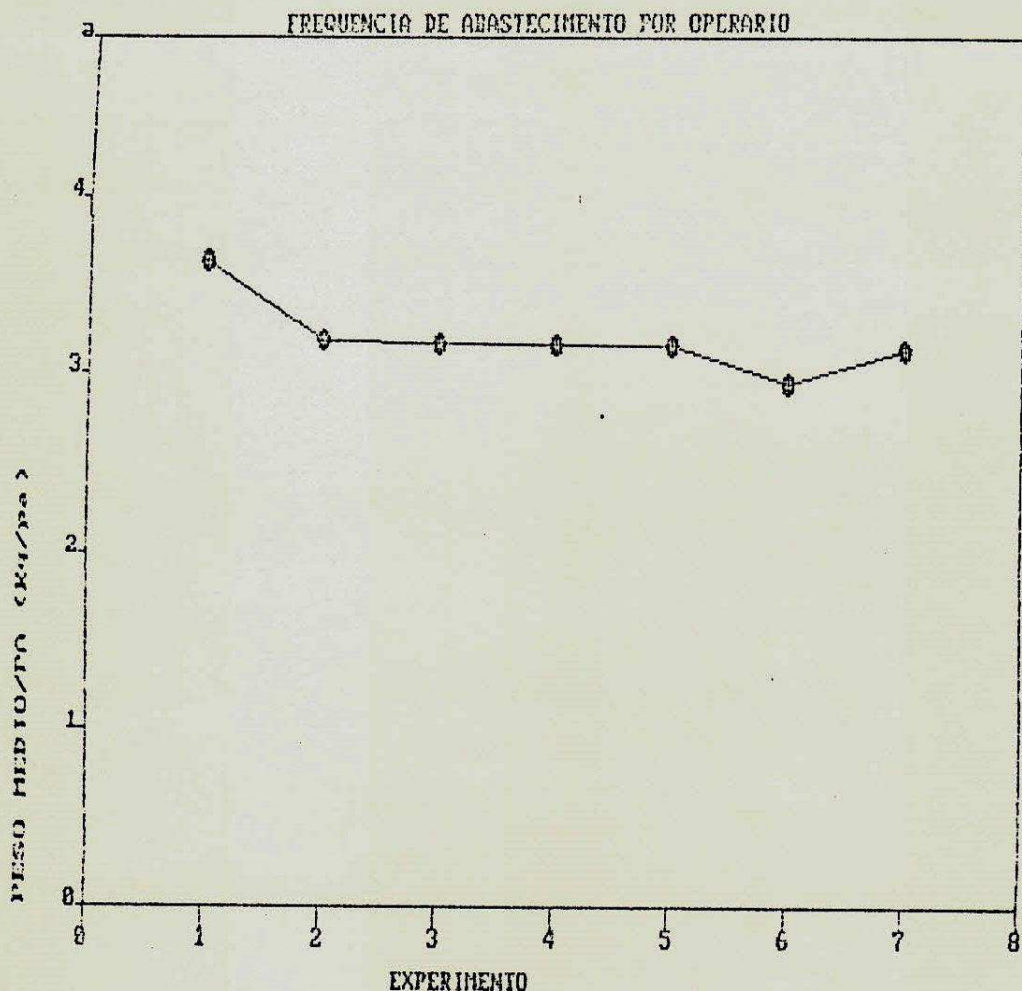


Figura C.3 - Gráfico que mostra o peso médio por pá obtido durante a fase de testes dos equipamentos destinados a triturar lixo domiciliar, na usina de compostagem de lixo urbano do município de Esperança, Estado da Paraíba.

As variações no gráfico são devidas as características próprias do lixo produzido naquela região do Brejo Paraibano.

C.8 - CONCLUSÕES

Analisadas as tabelas, acima, constata-se um aumento na produtividade do equipamento, mostrando que o triturador de lixo domiciliar atinge em regime de oito horas de serviço uma média de produção de 30 toneladas. Tal cifra, capacita-o a instalações de tra-

tamento de resíduos sólidos domiciliares de municípios de até 30.000 habitantes.

Outro ponto que pode ser observado é a frequência de abastecimento do equipamento (10.02 pás por minuto) e o peso por pá (3,16 kg por pá). Esses dados fornecem subsídios importantes para projetos dessa natureza.

ANEXO I

I.0 - VISITAS TECNICAS

I.1 - INTRODUÇÃO

Nesse anexo, iremos apresentar os relatórios das visitas técnicas realizadas nas instalações de reciclagem e compostagem de lixo dos municípios de João Pessoa, Estado da Paraíba, Natal, Estado do Rio Grande do Norte e municípios de Esperança e Guarabira, também, no Estado da Paraíba.

No final desse anexo, são apresentados esses relatórios com algumas figuras mostrando o processo de reciclagem e compostagem de lixo, desses municípios, bem como as impressões pessoais constatadas por esse pesquisador.

I.2 - OBJETIVOS DAS VISITAS TECNICAS

O objetivo principal, dessas visitas técnicas, era o de conhecer, de perto, as instalações de reciclagem e compostagem de resíduos sólidos urbanos, dentro e fora do Estado da Paraíba, a fim de retirar, desses sistemas, o que existia de melhor, na qualidade do processo, para a partir daí começar a elaborar o projeto dessa pesquisa, ou seja, encontrar as falhas desses sistemas, para não recair nos mesmos erros na elaboração do projeto, ora proposto.

I.3 - RESULTADOS

Como resultados dessas visitas, pôde-se constatar que as usinas de reciclagem e compostagem de lixo urbano dos municípios de

João Pessoa e Natal (sistema Iguacumec), apresentam baixa eficiência e problemas operacionais.

Com relação aos municípios de Esperança e Guarabira, pode-se dizer que são sistemas artesanais de tratamento de lixo urbano, com capacidade operacional que varia de 5 a 10 toneladas diárias. Apresentam boa eficiência, mas possuem muitos problemas ergonômicos que dificulta o trabalho dos operários durante o processo.

1.4 - RELATORIOS

RELATORIO TECNICO SOBRE AS VISITAS REALIZADAS AS USINAS DE RECICLAGEM E COMPOSTAGEM DE LIXO URBANO DOS MUNICIPIO DE JOAO PESSOA, NO ESTADO DA PARAIBA E NATAL, NO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE.

VISITA TECNICA No 01

DATA : 30 de julho de 1992.
LOCAL : João Pessoa, Estado da Paraíba (Distrito dos Mecânicos).
CONTATOS : Rosa Virginia Moura Araujo.
ATUACAO : Diretora de Operações da Empresa Municipal de Limpeza Urbana do Município de João Pessoa.

VISITA TECNICA No 02

DATA : 07 de agosto de 1992
LOCAL : NATAL, Estado do Rio Grande do Norte (Cidade Nova)
CONTATOS : Romando
ATUACAO : GERENTE DE OPERACOES DA USINA.

1.4.1 - DADOS TECNICOS SOBRE AS INSTALAÇÕES DAS USINAS DE JOAO PESSOA E NATAL

Considerando que ambas as usinas foram fabricadas pela IGUA-CUMEC ELETROMECHANICA LTDA e, que possuem a mesma capacidade de processamento, isto é, 120 toneladas de lixo por dia, os dados a seguir se referem às duas. No entanto, os aspectos que diferem uma da outra serão devidamente destacados.

1.4.1.1 - SISTEMA DE TRITURAÇÃO

Possui diversos equipamentos dispostos em linha com a finalidade de separar a parte reciclável e triturar outra parte que será destinada ao processo de compostagem.

Entre os vários equipamentos e sistemas, pode-se citar:

Fosso para acondicionamento do lixo vindo dos caminhões de coleta. Possui forma semi-circular em concreto, com capacidade para até seis caminhões.

Sistema de garras hidráulicas. Nesse equipamento, trabalha um operador, responsável pela sua manipulação, o qual é encarregado de desabastecer o fosso e dosar o alimentador.

Alimentador é um equipamento que possui chão movediço, constituído de esteira metálica, responsável por transportar e distribuir de forma contínua o fluxo de lixo sobre a esteira de catação.

A **esteira de catação** é montada sobre plataformas com cerca de 3 metros de altura, possuindo 1,20 metros de largura por 25 metros de comprimento, contendo 24 silos para armazenamento de recicláveis e, controles do acionamento no início e final da esteira. Todos os resíduos remanescentes da triagem efetuada nessa esteira, são direcionados ao moinho triturador.

Moinho triturador por martelos. Possui motor de acionamento de 125 cv a 1780 rpm. estrutura central desmontável para troca de martelos. os quais são, neste equipamento, em número de 48 e. manutenção de forma geral. Após serem triturados, os resíduos, caem sobre uma esteira elevatória, responsável pelo transporte dos resíduos finos, para uma área de carregamento e posterior transporte ao pátio de compostagem.

Esteira elevatória dos resíduos triturados, possui 0,5 metros de largura por 5 metros de comprimento e inclinação de 30°. Toda construída em tubos de 2 polegadas soldados e correia plana de borracha.

Nesse sistema, ainda, pode-se encontrar **carrinho manuais** para transporte dos recicláveis e resíduos orgânico triturado, para as baias e pátio de compostagem, respectivamente.

I.4.1.2 - SISTEMA DE COMPOSTAGEM

Utiliza o processo de leiras estáticas aeradas mecanicamente, por trator de esteira. O revolvimento ocorre em períodos pré-estabelecidos com a ajuda de uma pá mecânica, não sendo realizado controle de temperatura e umidade. O único controle que existe é uma placa de identificação que informa o número de ordem com a data do início da compostagem.

I.4.1.3 - SISTEMA DE PENEIRAMENTO

É composto de duas esteiras elevatórias e uma peneira vibratória, que permite regular a granulometria desejada para o composto orgânico obtido. É observado que nesta fase, ainda, é retirado grande parte de rejeito, chamado rejeito da compostagem, onde são encaminhados ao "aterro sanitário".

I.4.1.4 - EDIFICAÇÕES

Em ambas as instalações existem várias dependências que servem de apoio para o funcionamento da usina. Entre as principais, destacam-se:

Bloco com salas para os setores administrativos, vendas, almoxarifado, vestuários, banheiros e oficina.

Bloco com boxes a céu aberto para acondicionamento dos produtos recicláveis, tais como: papel, plásticos, vidros, metais, não metais e ossos.

Dependências para estacionamento, manobras, expedição, prensas, entre outras coisas.

I.4.5 - OBSERVAÇÕES PESSOAIS

I.4.5.1 - USINA DE RECICLAGEM E COMPOSTAGEM DE LIXO URBANO DO MUNICÍPIO DE JOÃO PESSOA, ESTADO DA PARAÍBA.

A partir de informações obtidas e verificações pessoais, pôde-se constatar os seguintes problemas:

Mal localização da usina. Próxima à zona urbana, o que trás muitas reclamações por parte dos moradores com relação ao constante tráfego de caminhões e mau cheiro nas redondezas da mesma.

Frequentes paradas para manutenção da correia de catação e moinhos triturador. Problemas de tensionamento e limpeza da correia, desgaste excessivo dos martelos do moinho pela falta de um sistema eletromagnético de extração de metais ferrosos.

Baixa produtividade. Devido a problemas de ordem técnico-operacionais a usina, quando em operação, trabalhava com um terço da sua capacidade operacional, ou seja, processava apenas 40 toneladas dia, quando na verdade era para processar 120 toneladas dia.

Alto nível de rejeito. Segundo informações de seus técnicos o nível de rejeito era alto. Na parte da mesa de triagem, chegava-se aos 20% e no peneiramento, na compostagem, aos 30%, sendo todo esse material encaminhado ao "aterro sanitário".

Necessidade de beneficiamento dos recicláveis para aumentar as receitas. Nesse ponto era recomendado lavar, secar e prensar os recicláveis, para se obter maior valor de venda.

Observação importante. A usina de João Pessoa, durante a realização da visita técnica se encontrava parada, não sendo permitido retirar maiores detalhes, quanto a sua funcionalidade e eficiência.

1.4.5.2 - USINA DE RECICLAGEM E COMPOSTAGEM DE LIXO URBANO DO MUNICÍPIO DE NATAL, ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE.

Localização razoável, afastada da cidade, porém, o acesso não é bom, estrada em terra batida.

Abastecimento da usina é feito normalmente à noite, porém observamos que neste local, durante o dia, chegam caminhões de coleta que descarregam em pontos próximos do "aterro sanitário", atraindo catadores clandestinos.

Quantidade de pessoal: cerca de 40 pessoas, incluindo o pessoal de administração, secretaria, almoxarifado e prensas.

Operação da usina. A usina opera com cerca de um terço de sua capacidade projetada, o que significa uma média de 40 toneladas de lixo processado por dia. Isto representa cerca de 10% do lixo da cidade.

Tipo de lixo processado. A usina utiliza o lixo coletado nas zonas nobres da cidade, denominado lixo classe A. O pessoal afirma

que o lixo processado da periferia da cidade não serve para a compostagem, devido a qualidade do mesmo ser muito baixa, com grandes quantidades de areia e rejeitos.

Lixo hospitalar. A usina não dispõe de incinerador, sendo este lixo jogado a céu aberto nas redondezas do lixão.

Alto índice de resíduos destinados ao "aterro sanitário". Neste caso, o pessoal justifica que falta uma pré-selecção e que o número de catadores (22) é insuficiente para uma melhor eficiência.

Problemas de comercialização dos produtos recicláveis. O pessoal recomenda uma limpeza nos plásticos e vidros e enfardamento destes materiais, para se obter maior preço e menor custo de transporte.

Sistemas necessários para melhorar a eficiência da usina. A usina carece de detector de metais ou eletroímã na esteira de catação, pois a falta desses equipamentos aumenta o tempo de catação desses materiais. Atualmente, esse trabalho é realizado por quatro operários, distribuídos dois no início e dois no final da esteira.

Outro ponto observado, foi a deficiência em extrair da massa de lixo os filmes plásticos.

I.4.6 - CONCLUSÕES

Face ao exposto, pode-se concluir que nestas instalações visitadas os problemas detectados foram de natureza similares quanto aos seguintes aspectos: baixa eficiência da usina que operam com cerca de um terço de sua capacidade, problemas operacionais devido a falta de treinamento adequado do pessoal e problemas de manutenção frequentes. Tais situações elevam bastante os custos de operação comprometem seriamente as receitas dos produtos comercializados.

Por outro lado, verificou-se que estes problemas podem ser

contornados adotando-se medidas que tornem o sistema mais produtivo. Dentre estas medidas, destaca-se a importância da utilização de pré-catação e instalação de alguns equipamentos adicionais como eletroímãs, sistema de lavagem dos recicláveis e um maior controle do processo de compostagem.

Quanto ao sistema de trituração visitado, constata-se que o mesmo foi projetado com elevado grau de mecanização e que possui uma estrutura bastante robusta, o que se caracteriza como uma boa opção para atender cidades de porte médio. No entanto, é possível fazer algumas simplificações e mudanças na estrutura do sistema de modo a permitir uma construção de menor capacidade, porém com boa eficiência.

Com relação as edificações existentes de apoio à usina, observa-se que estas foram construídas para atender a um padrão de usuários de maior nível cultural, o que se comprova pelo material utilizado como portas, janelas e banheiros. Sugere-se a utilização de materiais mais resistentes à depreciação.

No tocante ao lay-out da instalação como um todo o fluxograma deixa a desejar, apresentando problemas de circulação de veículos, pessoas e material transportado. Outra constatação é a falta de cobertura no setor dos boxes dos recicláveis e acesso difícil para expedição dos produtos a serem comercializados.

I.4.7 - FIGURAS QUE MONSTRAM O FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE RECICLAGEM E COMPOSTAGEM DE LIXO URBANO DOS MUNICIPIOS DE JOAO PESSOA E NATAL



FIGURA I.1 - Vista geral da usina de reciclagem e compostagem de lixo urbano da cidade de Natal. Estado do Rio Grande do Norte.

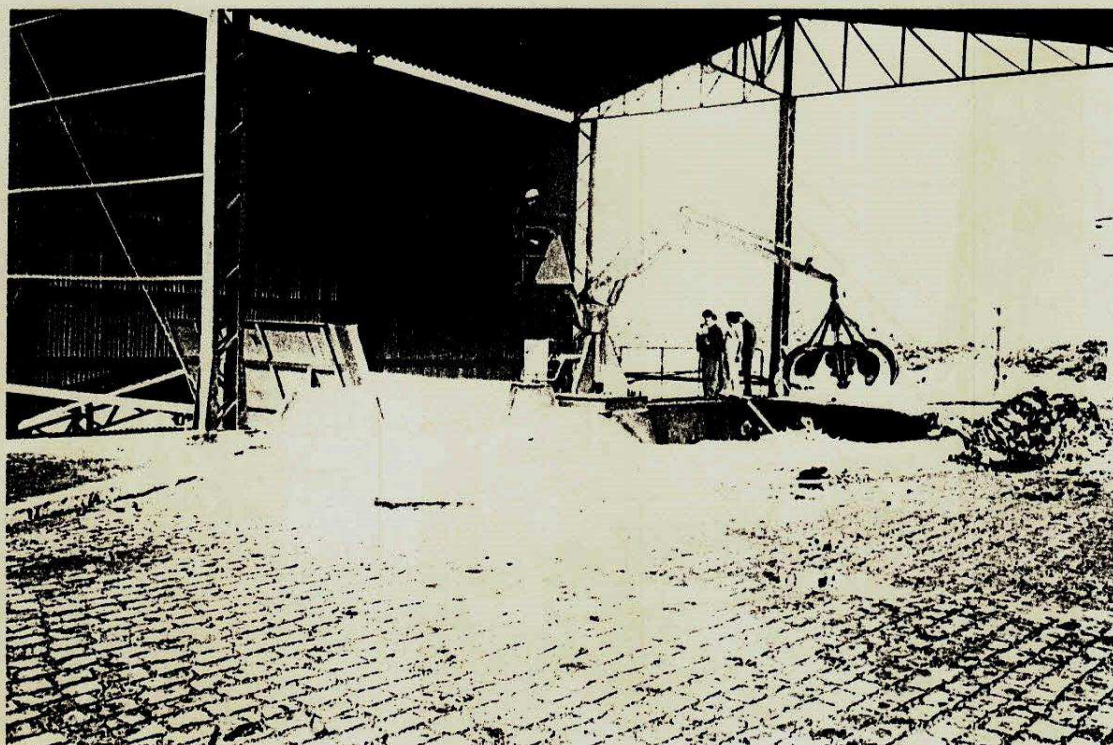


FIGURA I.2 - Vista do fosso e da garra tipo pólipo da usina de reciclagem e compostagem de lixo urbano da cidade de Natal. Estado do Rio Grande do Norte.

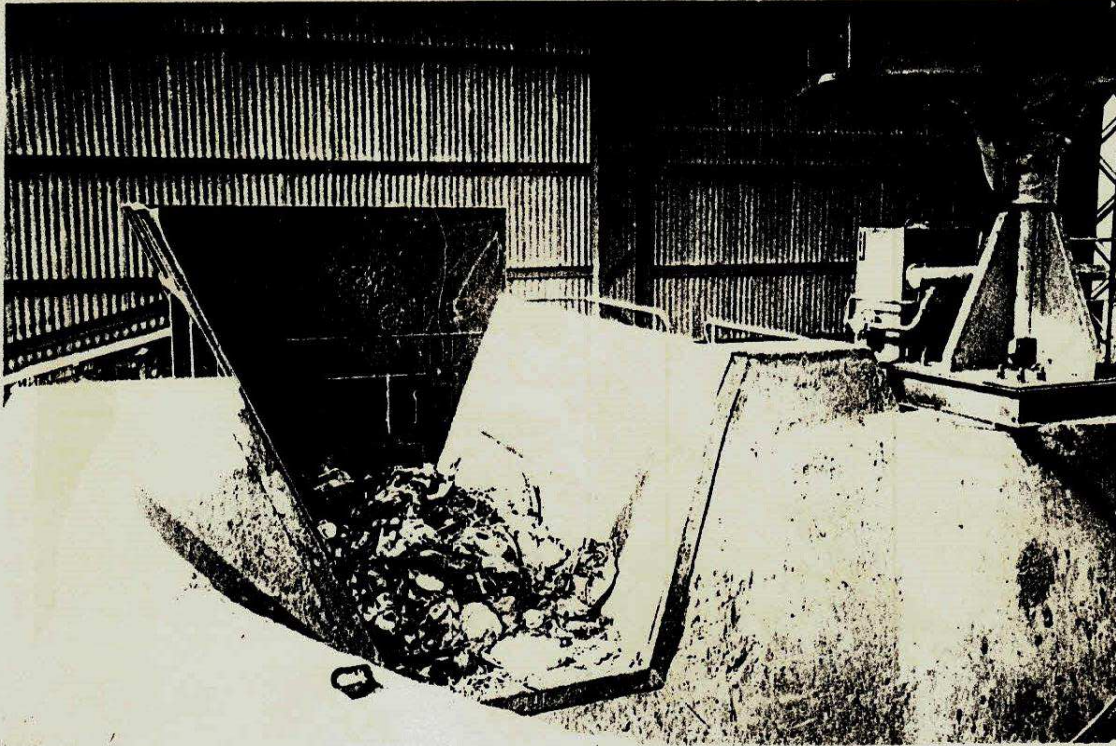


FIGURA I.3 - Vista do chão movedico com residuos.

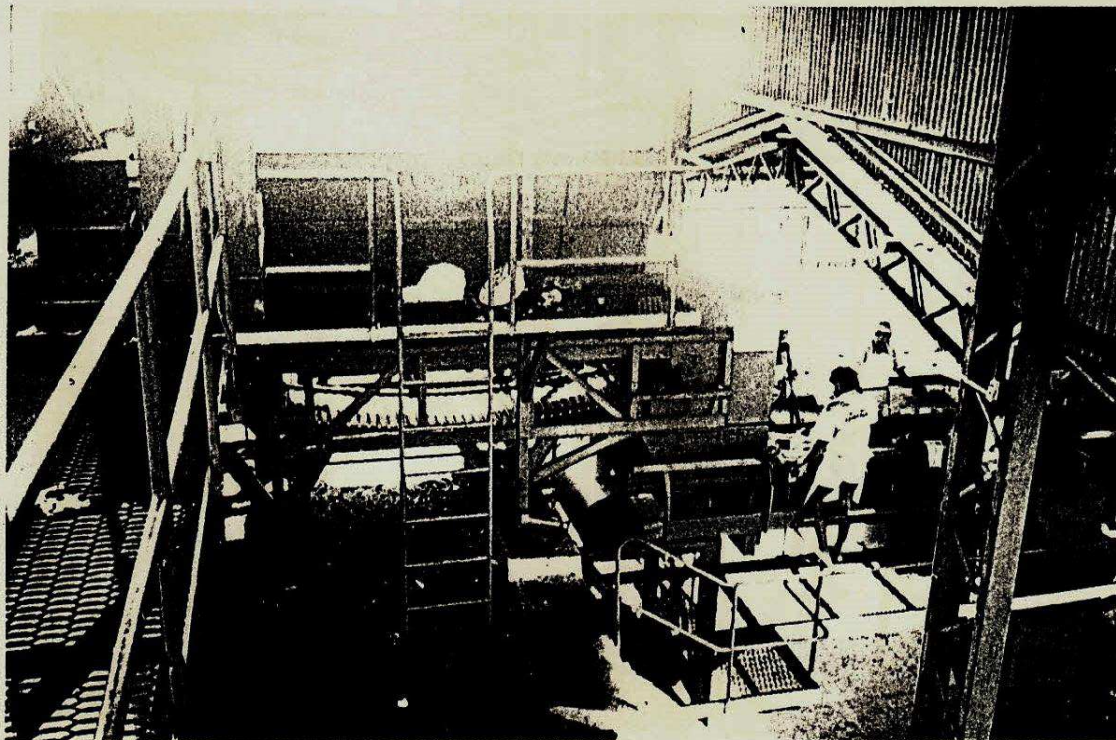


FIGURA I.4 - Vista do alimentador.



FIGURA I.5 - Catação manual de recicláveis.



FIGURA I.6 - Vista geral da mesa de triagem.

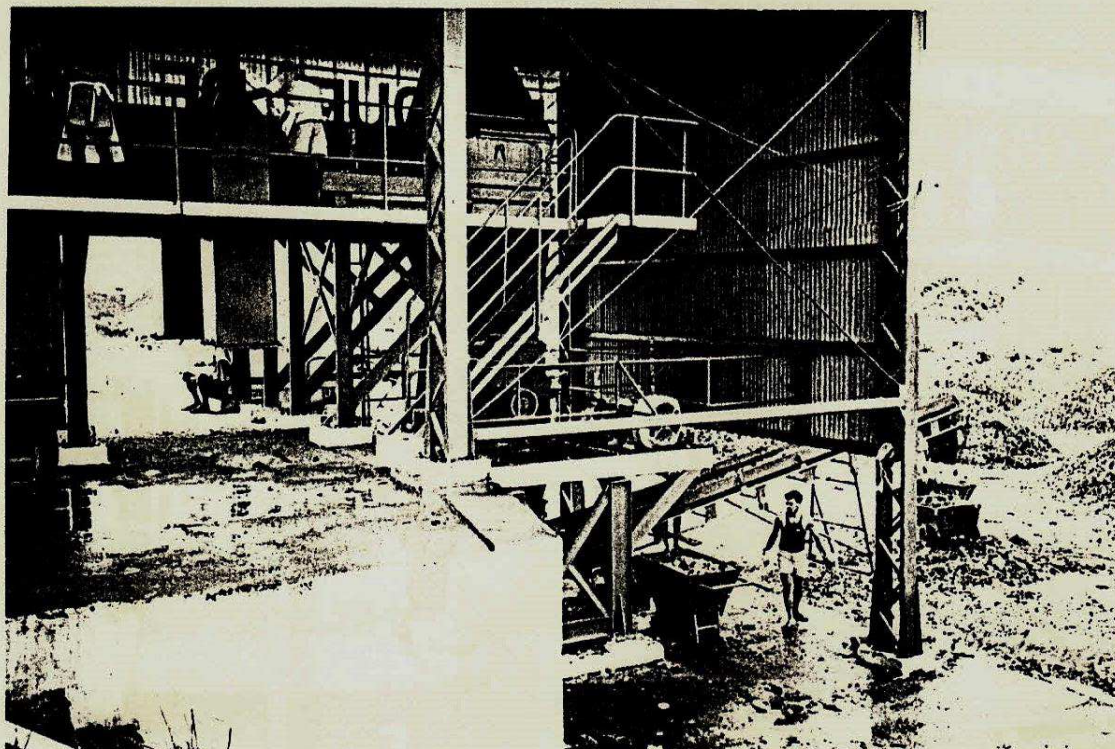
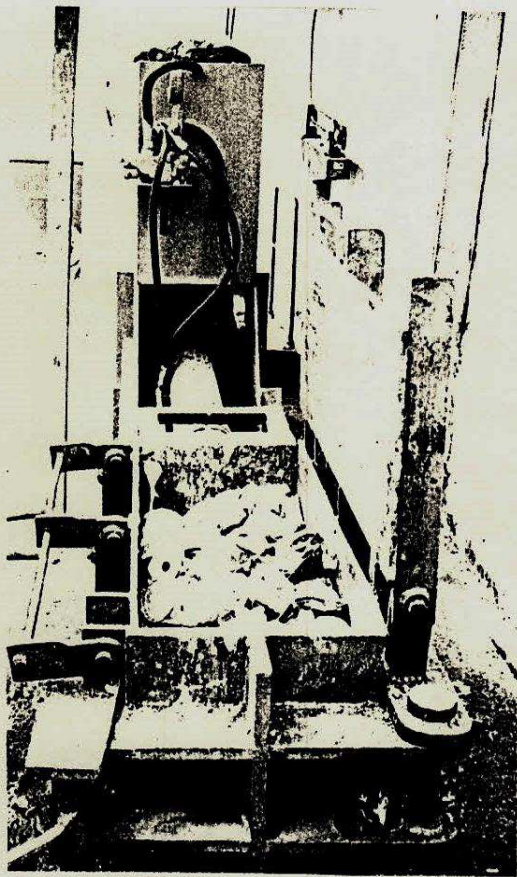


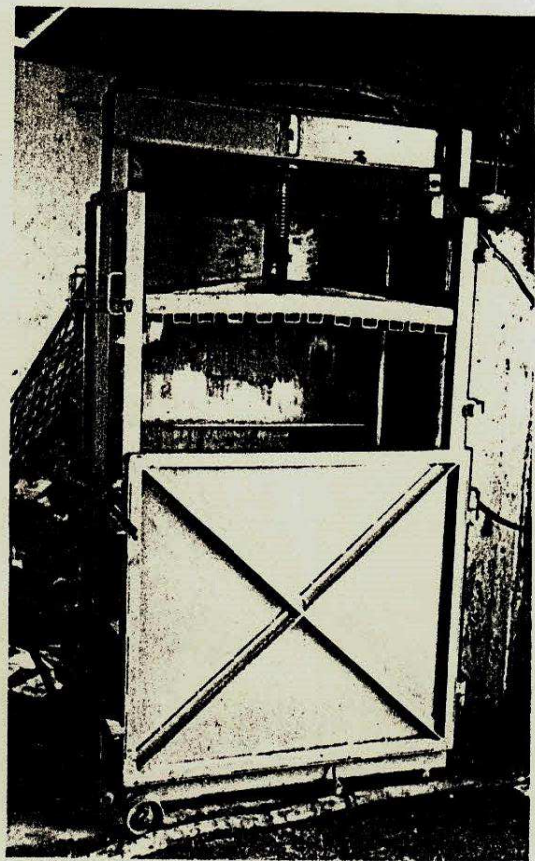
FIGURA I.7 - Vista do moinho triturador com suas plataformas e da esteira elevatória dos resíduos triturados.



FIGURA I.8 - Vista da peneira classificatória de composto.



(a)



(b)

FIGURAS I.9 - Equipamentos para prensar e enfardar os recicláveis.
A) prensa hidráulica para latas. B) prensa eletromecânica para papéis.

VISITA TECNICA No 03

DATA : 30 de outubro de 1992.

LOCAL : Município de Esperança, Estado da Paraíba (Periferia).

CONTATOS : Daniel Oliveira dos Santos.

ATUAÇÃO : Técnico da Fundação Nacional de Saúde do Estado da Paraíba.

VISITA TECNICA No 04

DATA : 17 de novembro de 1992.

LOCAL : Município de Guarabira, Estado da Paraíba (Periferia).

CONTATOS : Antenor Galdino de Sousa e Edvaldo de Sales Bezerra.

ATUAÇÃO : Técnicos da Fundação Nacional de Saúde do Estado da Paraíba.

I.4.8 - DADOS TECNICOS SOBRE AS INSTALAÇÕES DAS USINAS DE ESPERANÇA E GUARABIRA

Considerando que ambas as usinas foram projetadas pela FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE e, que possuem a mesma capacidade de processamento, isto é, de 5 a 10 toneladas de lixo por dia, os dados a seguir se referem às duas. No entanto, os aspectos que diferem uma da outra serão devidamente destacados.

Fosso para acondicionamento do lixo vindo dos caminhões ou de tratores com carroção de coleta. São construídos com piso de paralelepípedos com capacidade para um caminhão ou carroção por vez.

Alimentação. É realizado de forma manual por um operário que dosa, através de uma pá, os resíduos em cima da mesa de triagem.

A **mesa de triagem** é construída em alvenaria com uma leve inclinação, para facilitar o transporte dos resíduos, tendo ao seu lado seis catadores de recicláveis, dispostos três de cada lado.

Pesagem dos resíduos a compostar. No final da mesa de triagem dos recicláveis existe uma cavidade no chão onde é acomodada uma balança de capacidade de tara de 200 quilogramas, responsável pela pesagem e, conseqüentemente, controle da quantidade de matéria orgânica a compostar.

Nesse sistema, ainda, pode-se encontrar **carrinho manuais** para transporte dos resíduos orgânicos, para o patio de compostagem.

I.4.8.1 - SISTEMA DE COMPOSTAGEM

Utiliza o processo de leiras estáticas reviradas manualmente, em pátio a céu aberto. O revolvimento ocorre em períodos pré-esta-

belecidos com a ajuda de ferramentas manuais, tais como pás e enxadas, tendo, ainda, um controle diário de temperatura, através de termômetros específicos para esse tipo de processo. A umidade é controlada visualmente e, quando necessário molha-se as leiras, através do uso de mangueira ou de aquadores.

1.4.8.2 - SISTEMA DE PENEIRAMENTO

É composto de uma peneira acionada manualmente, que permite regular a granulometria desejada para o composto orgânico obtido. É observado que nesta fase, ainda, é retirado do processo algum rejeito, chamado "rejeito da compostagem", onde são encaminhados ao "aterro sanitário", para servirem de cobertura dos rejeitos da usina.

1.4.8.3 - EDIFICAÇÕES

Em ambas as instalações existem algumas dependências que servem de apoio para o funcionamento da usina. Entre as principais, destacam-se:

A sala para o setor administrativo, almoxarifado, banheiro e coxa.

Boxes a céu aberto para acondicionamento dos produtos recicláveis, tais como: papel, plásticos, vidros, metais, não metais e ossos.

1.4.9 - OBSERVAÇÕES PESSOAIS

1.4.9.1 - USINA DE RECICLAGEM E COMPOSTAGEM DE LIXO URBANO DO MUNICÍPIO DE ESPERANÇA, ESTADO DA PARAIBA.

Localização. É situada perto da zona urbana, mas mesmo, assim, não foi registrado aversões perante a população próxima às instalações da usina.

Abastecimento. É realizado duas vezes ao dia por intermédio de um caminhão coletor que deposita sua carga uma vez pela manhã e uma vez a tarde. Posteriormente, um operário, utilizando ferramentas manuais como pás e garfos, alimenta a mesa de triagem.

Quantidade de pessoal. O número de funcionários presente na usina é de quatorze, sendo distribuídos nas áreas de alimentação, triagem dos recicláveis, pesagem, peneiramento, reviramento e administração.

Operação da usina. A usina opera, atualmente, com capacidade de 5 toneladas diárias, representando cerca de 50% do lixo produzido na cidade, lixo esse que vem de residências e do mercado central.

Testes realizados com o composto produzidos na usina. Testes realizados com a cultura da batatinha no período da estiagem, pela EMATER local, deram bons resultados. As batatinhas colhidas tinham um tamanho uniforme, com casca sem manchas e tamanho regular.

Aterro sanitário. No projeto dessa usina não foi previsto área para aterro sanitário, sendo utilizado, ultimamente, uma cavidade ao lado da usina, de onde se retirava argila para a fabricação de telha e tijolos.

Pátio de compostagem. O pátio de compostagem é todo calçado, possuindo na parte central uma tomada d'água, que facilita o traba-

lho de aquação das leiras.

I.4.9.2 - USINA DE RECICLAGEM E COMPOSTAGEM DE LIXO URBANO DO MUNICÍPIO DE GUARABIRA, ESTADO DA PARAIBA.

Localização. A usina está localizada a aproximadamente 3 quilômetros da zona urbana, com acesso em estrada de barro.

Abastecimento. O abastecimento da usina é realizado através de um carroção, conduzido por um trator. Em média são realizadas duas viagens por dia, perfazendo uma carga de 6 toneladas diárias.

Quantidade de pessoal. O número de funcionários presente na usina é de dezesseis, sendo distribuídos nas áreas de alimentação, triagem dos recicláveis, pesagem, peneiramento, reviramento e administração.

Operação da usina. A usina opera, atualmente, com capacidade de 6 toneladas diárias, representando cerca de 1/3 do lixo produzido nos bairros residenciais.

Aterro sanitário. No projeto dessa usina não foi previsto área para aterro sanitário, sendo os rejeitos, dessa usina, queimados a céu aberto, dentro da própria área de compostagem, lançando-se grossas colunas de fumaça no ar.

Pátio de compostagem. O pátio de compostagem é todo calcado. No entanto, existem problemas de escoamento de chorume, para áreas circunvizinhas, quando chove, contaminando tais áreas.

Produção da usina. Estava havendo problemas com a produção de recicláveis, devido aos baixos salários pagos aos operários.

I.4.10 - CONCLUSÕES

Faça ao exposto, pode-se concluir que nestas instalações visitadas os problemas detectados foram de natureza similares quanto

aos seguintes aspectos: produção, aterro sanitário e ausência de mau cheiro durante o processo de compostagem. Existe um despreendimento maior de energia, durante a fase de aeração das leiras, pois os resíduos como não sofrem fragmentação, dificultam o trabalho de abertura e reviramento das leiras. Existe, portanto, uma necessidade de um equipamento destinado a triturar os resíduos orgânicos, facilitando, assim, o trabalho de aeração manual e reduzindo o tempo de compostagem, devido a maior área de contato existente entre as partículas trituradas.

Com relação as edificações existentes de apoio à usina, observa-se que estas foram construídas visando reduzir ao máximo os custos com essas edificações.

No tocante ao lay-out da instalação como um todo o fluxograma não deixa a desejar, mas apresenta um problema de cruzamento de linhas quando se peneira o composto e o transporta para a área de estocagem do adubo.

I.4.11 - FIGURAS QUE MONSTRAM O FUNCIONAMENTO DO SISTEMA DE RECICLAGEM E COMPOSTAGEM DE LIXO URBANO DOS MUNICIPIOS DE ESPERANÇA E GUARABIRA.

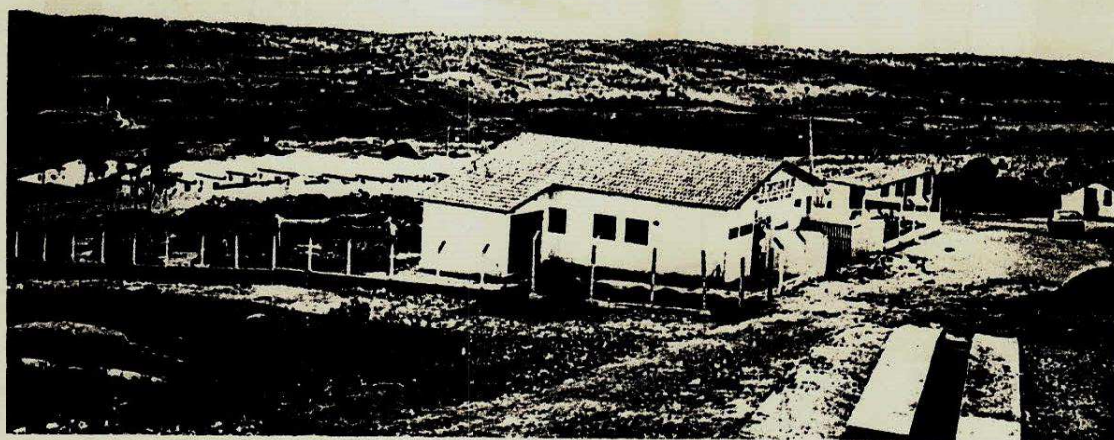


FIGURA I.11 - Vista geral da usina de reciclagem e compostagem de lixo urbano do município de Esperança, Estado da Paraíba.



FIGURA I.11 - Área de recebimento dos resíduos sólidos urbanos - Dosagem manual da mesa de triagem. Sistema adotado nas usinas de reciclagem e compostagem de lixo urbano dos municípios de Esperança e Guarabira, Estado da Paraíba.



FIGURA I.12 - Setor de triagem dos recicláveis. Sistema utilizado nas usinas de reciclagem e compostagem de lixo urbano dos municípios de Esperança e Guarabira, Estado da Paraíba.

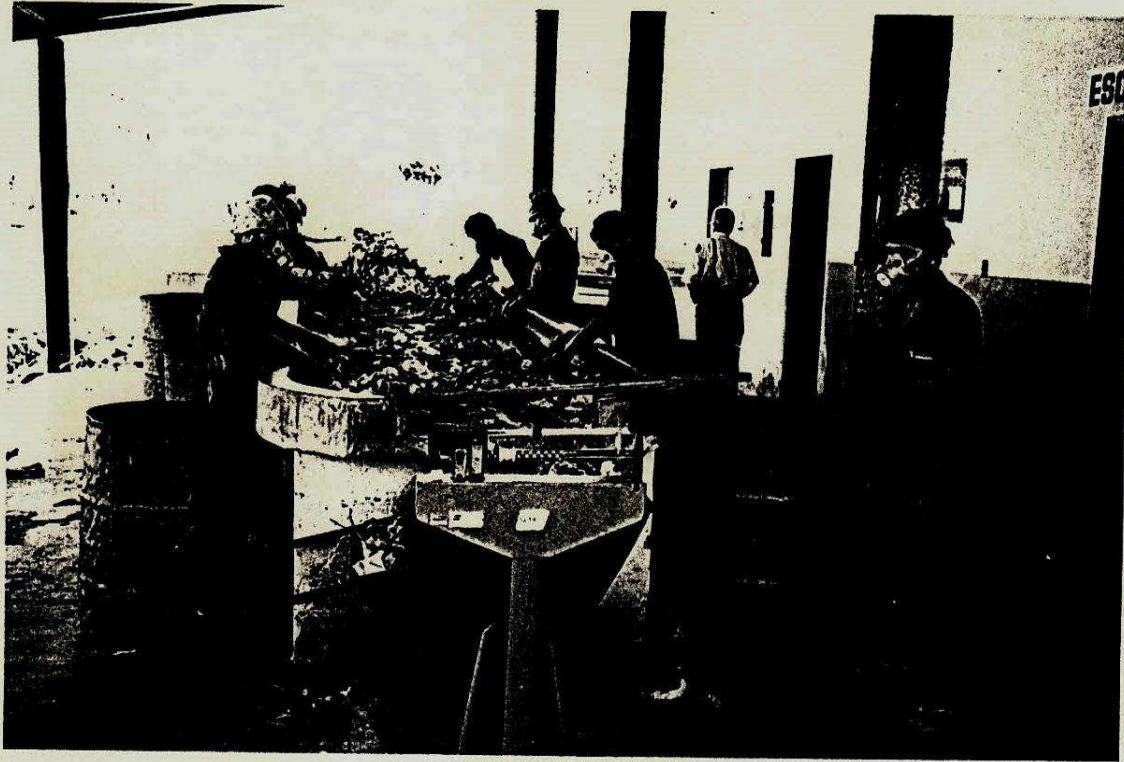


FIGURA I.13 - Vista geral da mesa de triagem e da pesagem dos resíduos orgânicos. Sistema utilizado nas usinas de reciclagem e compostagem de lixo urbano dos municípios de Esperança e Guarabira, Estado da Paraíba.



FIGURA I.14 - Vista do pátio de compostagem. Reviramento manual.

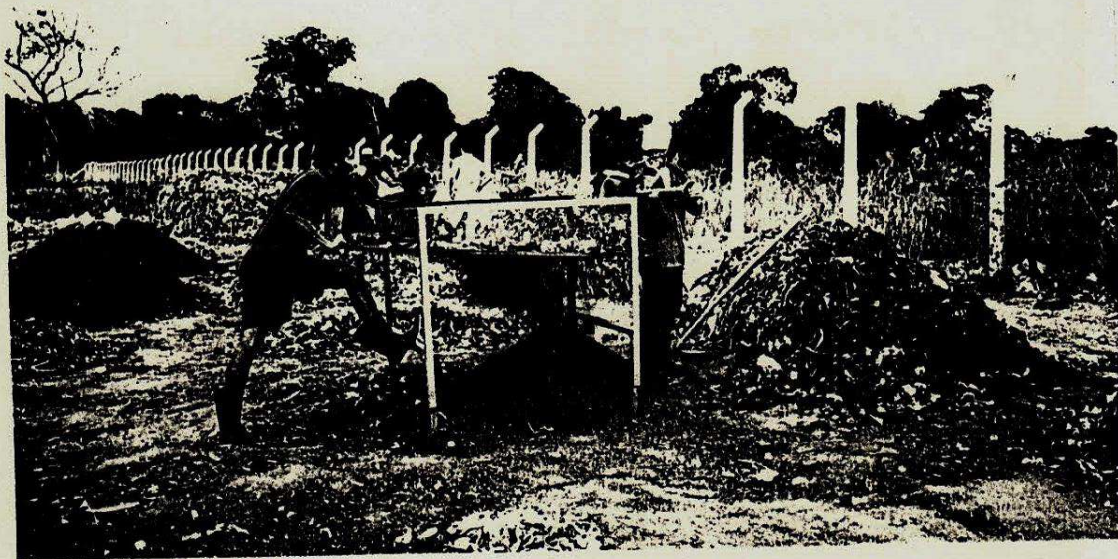


FIGURA I.15 - Vista do sistema de peneiramento utilizado pelas usinas de reciclagem e compostagem de lixo urbano dos municípios de Esperança e Guarabira, Estado da Paraíba.



FIGURA I.16 - Vista da queima dos rejeitos na usina de reciclagem e compostagem de lixo urbano do município de Guarabira, Estado da Paraíba.

ANEXO II

II.0 - GINCANA EDUCATIVA SOBRE RECICLAGEM DE PAPEL

II.1 - INTRODUÇÃO

Paralelamente as atividades desenvolvidas pelo mestrado, foi realizado um trabalho educativo junto a uma comunidade de um bairro, carente, desse município de Campina Grande, Estado da Paraíba.

Fundamentalmente, esse trabalho visava informar a população, sobre os problemas causados pelo lixo e, fazê-los entender, que a ajuda da população é de fundamental importância na redução, acondicionamento, transporte e destino final do lixo, de seu bairro e conseqüentemente da sua cidade.

Esse trabalho, também, buscava levar uma mensagem ecológica, alertando para uso e descarte de certos produtos industriais na natureza e, mostrar a forma artesanal de reciclar papel, como alternativa na redução de custos de energia, matéria-prima, água; redução da derrubada de árvores; redução no volume do lixo produzidos nas cidades, entre outras coisas.

No final desse anexo, são apresentadas algumas figuras, retiradas do jornal, local, reportando e mostrando as atividades durante a gincana educativa "Papel não é lixo", naquele bairro do Monte Santo.

II.2 - METODOLOGIA

Para a realização desse trabalho, foram, primeiramente, mantidos contatos com as entidades de bairro e escolas de 1º grau do bairro do Monte Santo.

Em seguida, foram realizadas palestras educativas sobre o problema do lixo na sociedade, para os pais, diretores e professores das escolas de 1º grau. Ao final da palestra, eram lançadas perguntas a platéia sobre a situação do lixo no bairro, quanto a seu acondicionamento, disposição e destino final.

Com essas respostas, trazia-se a tona o problema e a preocupação em tentar fazer alguma coisa, para sanar ou amenizar essas dificuldades, causadas pelo lixo naquela comunidade, pois o lixo jogado a céu aberto, atraía vetores transmissores de doenças, pondo em risco a saúde da própria comunidade.

Nessa oportunidade, era lançada a proposta de uma coleta seletiva, em suas próprias casas, acondicionando em recipientes diferentes os resíduos orgânicos e os resíduos inorgânicos. Com isso facilitaria o trabalho de coleta, transporte e destino final do lixo. No entanto, a população questionava..." e depois, no caminhão, o lixo não é misturado? ". Necessitava-se, então, de uma medida mais imediatista. Foi aí que veio a tona a gincana sobre reciclagem de papel, com o tema "Papel não é lixo".

A partir daí, montou-se toda a estratégia para realizar a gincana, pois existia um fato importante... a motivação da população.

No comércio, conseguiu-se as medalhas e troféus. Na indústria de reciclagem de papel, conseguiu-se a balança para pesagem dos papéis e a certeza da compra dos papéis arrecadados pela gincana. Na imprensa conseguiu-se a divulgação do evento e com os diretores das escolas, professores e entidades de bairro, a penetração nas escolas, para a fase de conscientização e motivação da gincana.

Nessa etapa, foi fundamental o apoio de uma Assistente Social, um instrutor de crianças e, de literatura especializada sobre o lixo, para atingir aquela faixa de idade e escolaridade.

A participação das escolas nessa gincana, era efetivada a partir das palestras educativas sobre o problema do lixo em sociedade, realizadas nas escolas.

Nessas palestras, nas escolas, contava-se para os alunos, uma estória de um planeta chamado Terra e, os problemas causados a ele, pelo lixo jogado á céu aberto e pela poluição causada por um de seus filhos, o homem.

No final, faziam-se perguntas sobre a estória e o que é que devia ser feito para melhorar aquele planeta chamado Terra.

Muitas sugestões eram dadas e nessa oportunidade era lançada a proposta da gincana educativa.

A partir daí, definiam-se os tipos de papéis, a forma de acondicionamento, a origem desses papéis, para onde conduzir, entre outras coisas. Fazia parte dos quesitos de pontuação, dessa gincana, os seguintes itens: a quantidade de papéis, em peso, arrecadado; o melhor cartaz sobre ecologia; a melhor frase sobre ecologia e a confecção da melhor folha de papel reciclado.

Como ponto alto da gincana, mostrava-se a população como fazer o papel reciclado, utilizando equipamentos simples, tais como: liquidificador, telas, papel molhado, cola e tábuas para prensar a pasta.

II.3 - RESULTADOS

Com a realização desse trabalho, conseguiu-se arrecadar em apenas um dia, 2065 quilogramas de papel e papelão, que foram posteriormente vendidos, a indústria, local e o lucro, dividido, proporcionalmente, entre as escolas participantes, para a compra de materiais didáticos.

Com a realização dessa gincana, conseguiu-se, também, que a representação de bairro, ficasse como órgão centralizador, dessa

arrecadação de papéis, junto as escolas daquele bairro do Monte Santo, mesmo terminada a gincana, dando-se continuidade ao trabalho semeado.

II.4 - CONCLUSÃO

É possível, através do interesse de representações de bairros, escolas e órgãos públicos, desenvolver um trabalho experimental, de conscientização ecológica em comunidades carentes, sem envolver custos elevados, reduzindo o volume de lixo, acondicionando melhor esses resíduos e gerar fonte de rendas, entre outras coisas.

II.5 - FIGURAS MOSTRANDO RECORTES DE JORNAL, REPORTANDO A GINCANA EDUCATIVA SOBRE O TEMA "PAPEL NÃO É LIXO".



Cerca de 1.500 alunos de várias escolas participaram ontem da 1ª Gincana sobre Reciclagem de Papel, denominada "Papel não é lixo", no bairro do Monte Santo, promovida pela Universidade Federal da Paraíba, campus II, num trabalho conjunto com a associação comunitária daquele bairro. Livros velhos, revistas, listas telefônicas e muito papelão, que provavelmente iriam para o lixo, foram recolhidos pelas crianças, contribuindo assim para a redução dos detritos naquele bairro, sendo vendidos a uma empresa campinense para a sua reciclagem.

(Página 6-I)

**Aposentados
em discussão**

(PÁGINA 8-I)

FIGURA II.1 - Reportagem do Jornal da Paraíba sobre a gincana educativa "Papel não é lixo".

Crianças fazem gincana

Mais de 1.500 alunos ouviram ao chamado da 1ª Gincana sobre Reciclagem de Papel do bairro do Monte Santo, desenvolvida pela Universidade Federal da Paraíba – Campus II – CCT/DEM, e levaram ontem à tarde inúmeros livros e revistas velhas, listas telefônicas e papelões que provavelmente iriam para o lixo, colaborando dessa forma para reduzir o volume do lixo do bairro, cujo montante arrecadado será enviado (vendido) para uma empresa campinense, que reciclará todo o material.

Todo o “lixo” trazido pelos alunos das escolas do bairro do Monte Santo, foi pesado de imediato e, conforme assegurou o professor Juscelino de Farias Maribondo, que desenvolve pesquisas, a nível de mestrado, na área de usinas de reciclagem e compostagem de resíduos sólidos urbanos, responsável pela iniciativa, será enviado para uma empresa campinense e sofrerá o processo de reciclagem. Outros bairros da cidade serão beneficiados com o processo.

Intitulado de “Papel não é lixo”, a gincana teve início às 16 horas e, após a pesagem dos papéis, foi feita a confecção de papéis através do processo manual de reciclagem e entrega de troféu e medalhas, havendo ainda a apresentação de grupos de danças folclóricas com a participação de alunos das mais variadas escolas da cidade.

Com essa iniciativa, disse Juscelino de Farias, “visamos reduzir o volume do lixo do bairro”, pois sabe-se que em média de 60 a 70 por cento da massa do lixo é matéria orgânica. Desse 60 a 70 de matéria orgânica, 26 por cento são compostos de papel. Então, se for feita uma campanha educativa com o objetivo de recolher na fonte esse material, o volume de lixo será reduzido”, expôs o docente.

6 • Campina Grande, Domingo, 29.08.1993 JORNAL DA PARAIBA

FIGURA II.2 - Reportagem do Jornal da Paraíba sobre a gincana "Papel não é lixo".

DIÁRIO DA BORBOREMA, 26/8/93

Gincana

No próximo sábado será realizada a 1ª Gincana sobre reciclagem de papel do bairro do Monte Santo, das 15h às 19h, abordando o tema “Papel não é lixo”, idealizada pelo professor do Campus II da UFPB, Juscelino de Farias Maribondo com apoio da presidente da Equipe Social do Bairro, Terezinha Leite Cavalcante, da Ipelsa, Sintab e Centrac.

O objetivo da Gincana, segundo Juscelino de Farias, é mostrar a necessidade e a importância da reciclagem e redução de lixo doméstico, especialmente o papel, que somente no município representa 26%

do total de lixo coletado. Cerca de 1.200 alunos estão participando do evento, que visa o recolhimento de papel de vários tipos (cartolina velha, papéis ofício, papel madeira, revistas velhas, jornais, etc.).

Todo o material recolhido pelos alunos será levado para a Equipe Social do Monte Santo, onde a Ipelsa se responsabilizará pela pesagem e compra dos papéis. Isto no horário das 15h às 16h. Das 16h às 17h será feita a confecção do papel, através do processo manual de reciclagem, as crianças serão orientadas por

uma equipe de cinco pessoas, entre elas professores e assistente social. Em seguida haverá a entrega de troféus e medalhas aos estudantes que levarem mais papéis e trabalharem mais.

Das 17h às 18h, a Escola Santo Afonso e o Instituto Santa Vitória apresentarão grupos de danças folclóricas, entre elas: Sinhozinha, Araruna, Camaleão, Cavalinho Pião, Lavadeira, Galope, Pau de Fita e Ciranda. Das 18h às 19h a Sab local Grupo Folclórico Araruna do Bairro das Malvinas apresentará a dança da Capoeira e danças folclóricas.

FIGURA II.3 - Reportagem do Diário da Borborema sobre a gincana educativa "Papel não é lixo".

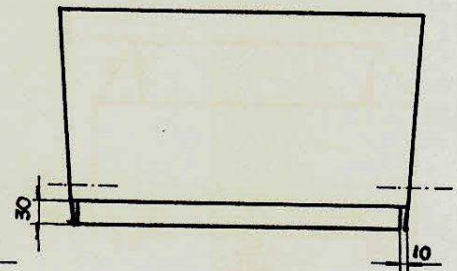
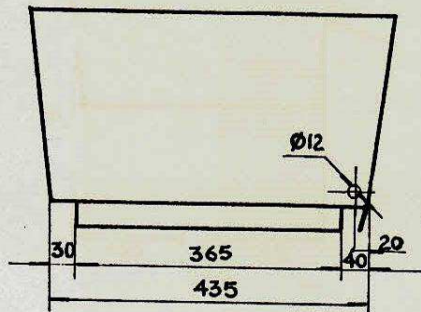
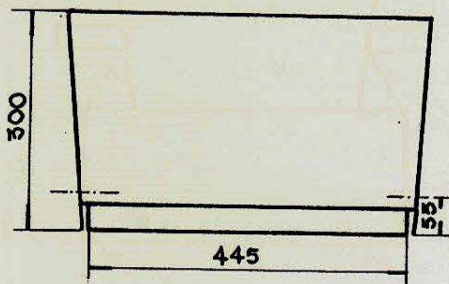
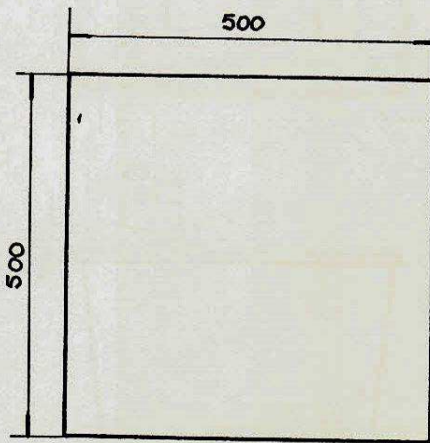
ANEXO III

III.0 - DESENHOS DA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE LIXO DOMI-
CILIAR. PARA OS MOLDES DO ESTADO DA PARAIBA. PROJETO PI-
LOTO.

ANEXO IV

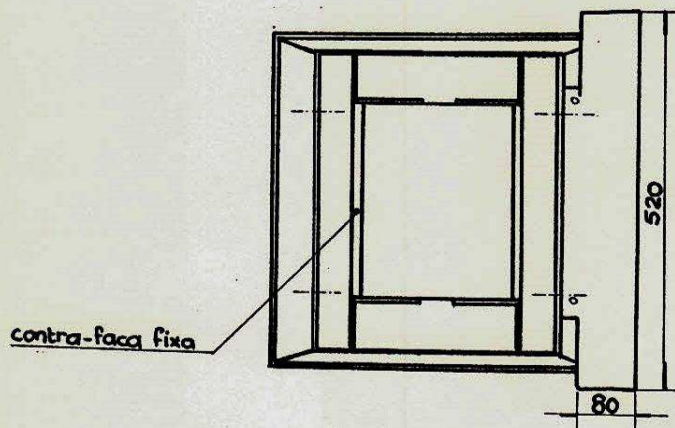
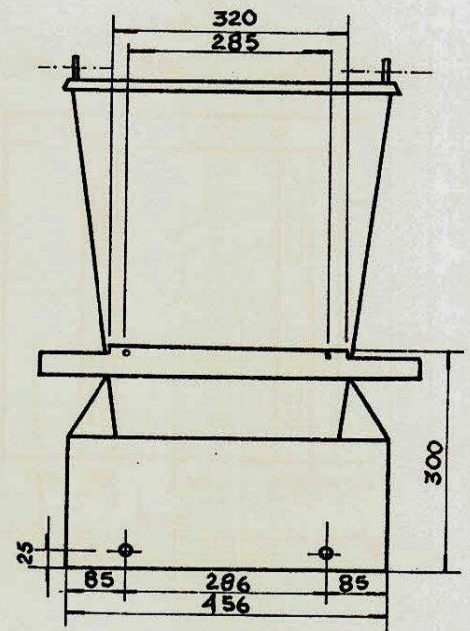
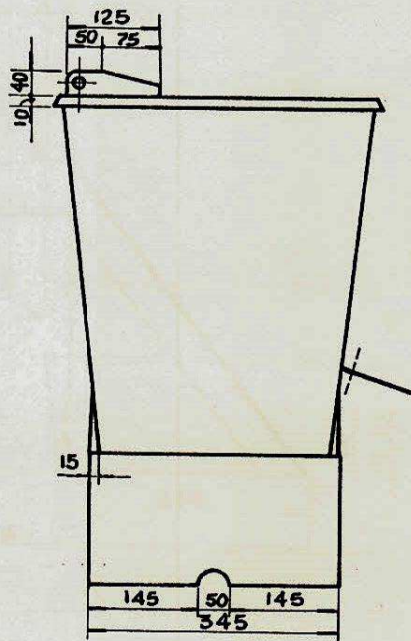
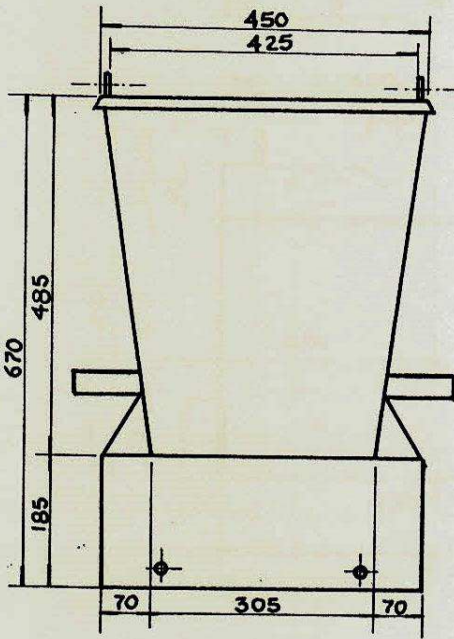
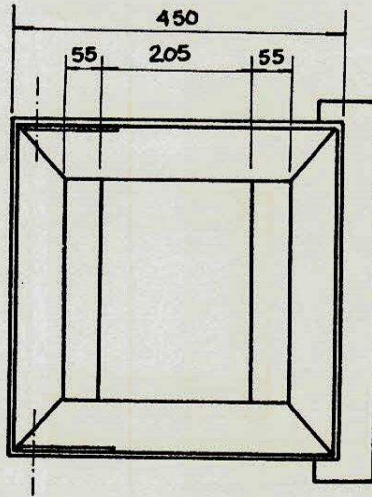
IV.0 - DESENHOS DO PROTOTIPO (TRITURADOR DE LIXO DOMICILIAR)

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO		
INSTITUTO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO		
PROJETO DE PESQUISA		
Nome:	Matr.:	Assessor:

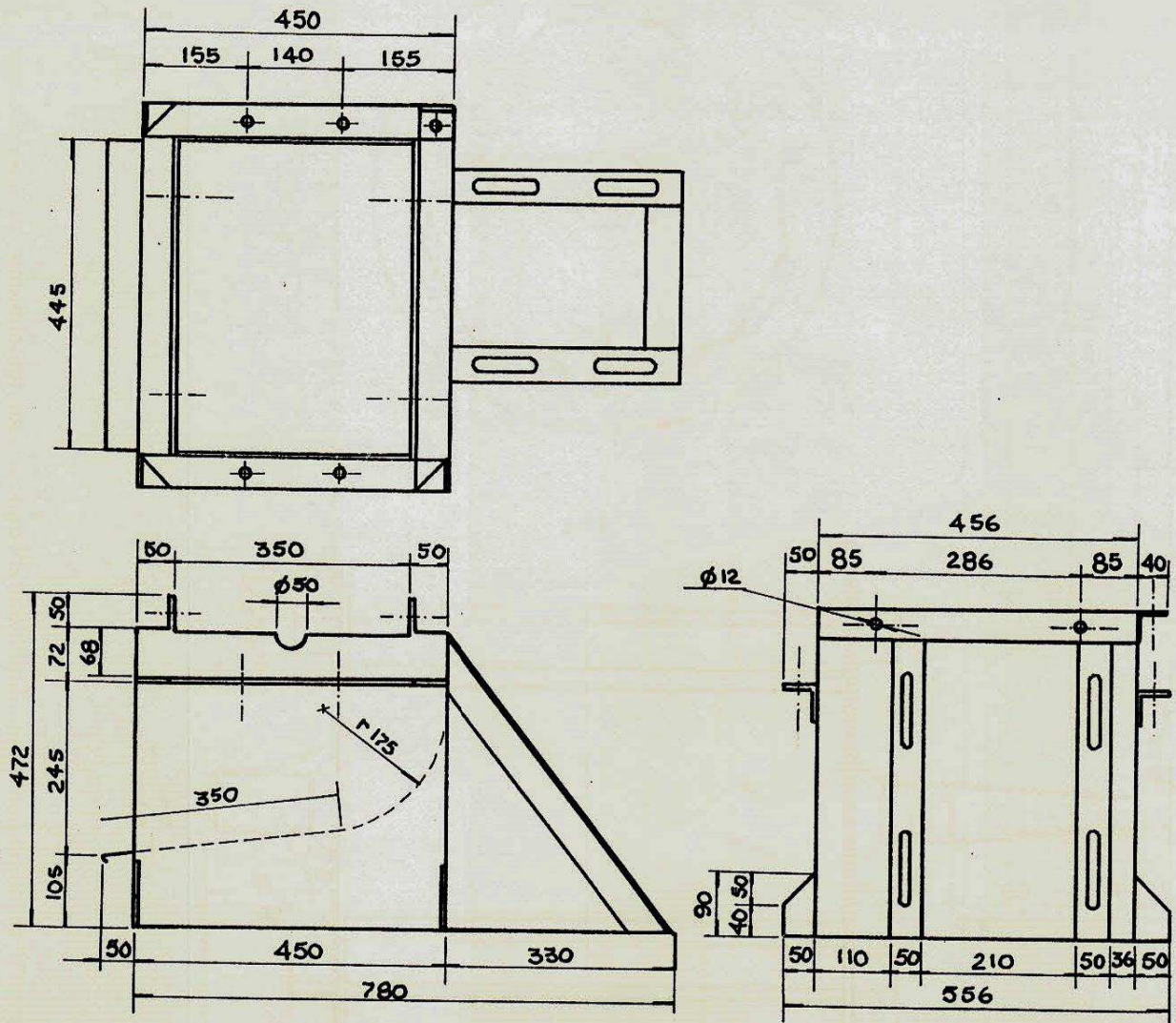


UFPB - CCT - CAMPUS II

Denominação: TAMPA BASCULANTE		Desenho Nº Al: 1
Escala: 1:1	Material Aço 1020	Projetista: Auselino de Farias M. (atômb)

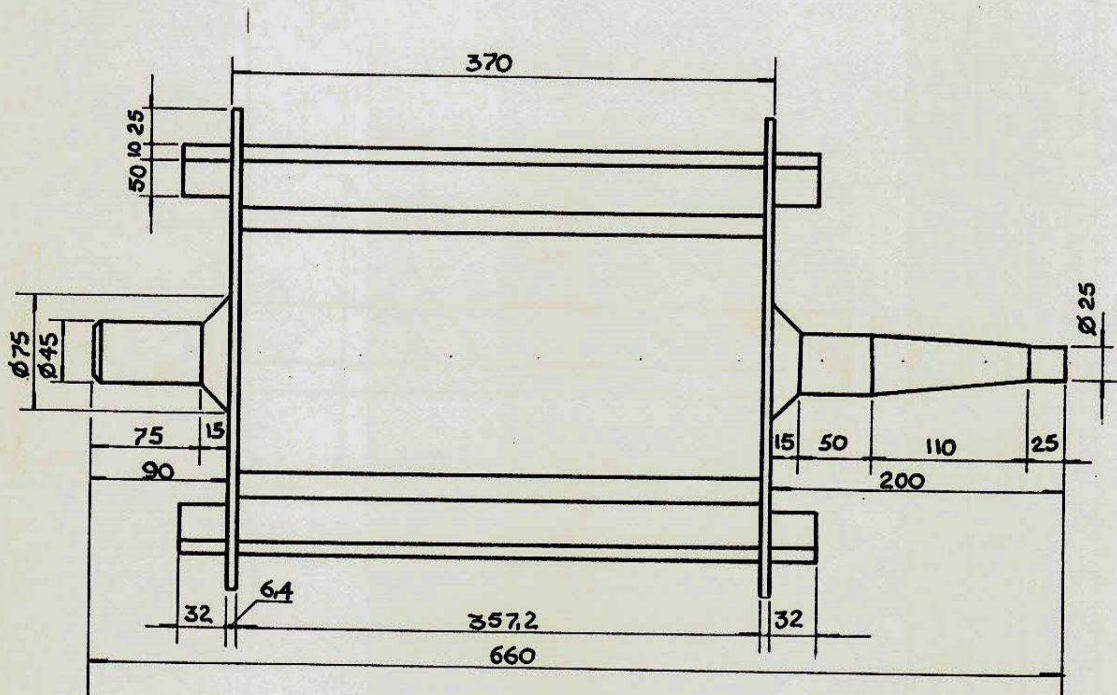
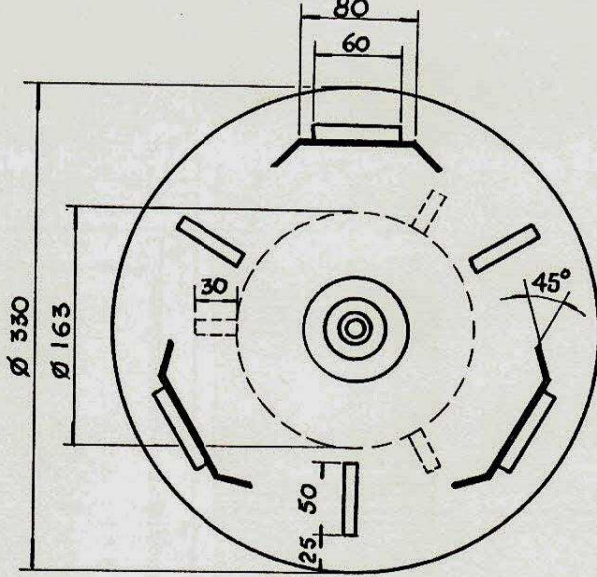


UFPB - CCT - CAMPUS II		
Denominação: Alimentador		Desenho Nº A1:2
Escala 1:1	Material Aço 1020	Projetista: Aoscelino de Farias Monteiro

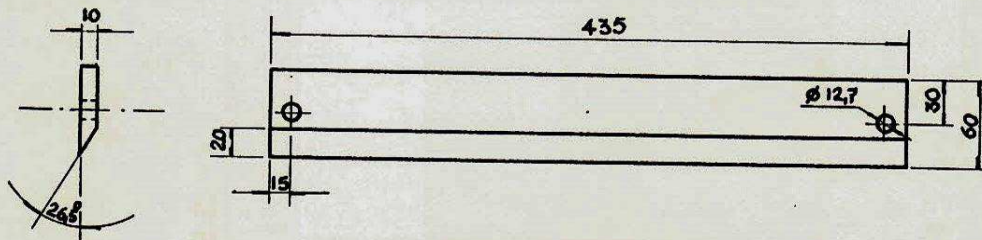


UFPB - CCT - CAMPUS II

Denominação: CAIXA DE TRITURAÇÃO		Desenho Nº: A1: 3
Escala: 1:1	Material: AÇO 1020	Projetista: Aucelino de Farias Mariboad

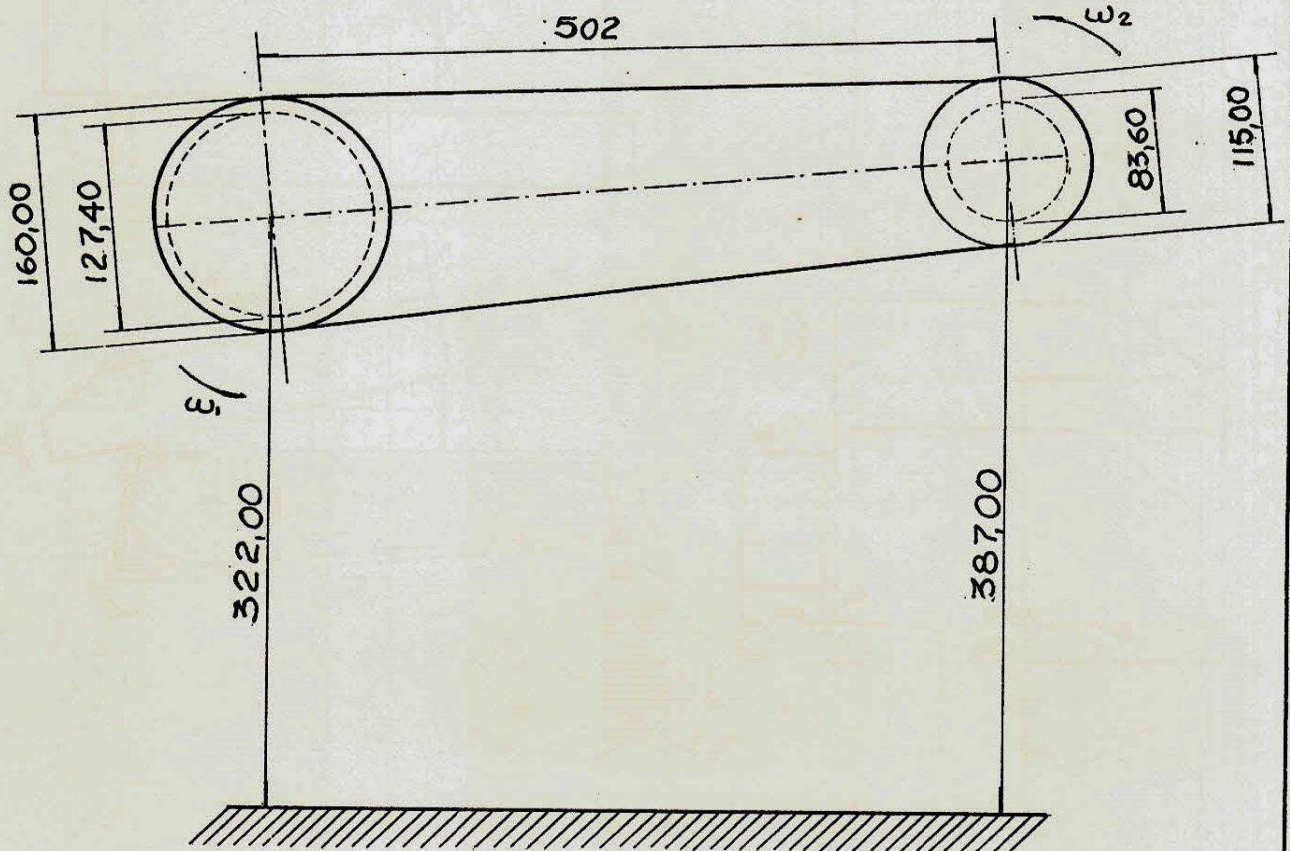


UFPB - CCT - CAMPUS II		
Denominação: ROTOR		Desenho Nº A1: 4
Escala: 2:1	Material: Aço 1020	Projetista: Juscilino de Farias Maranhão



UFPB - CCT - CAMPUS II

Denominação: NAVALHA		Desenho Nº A1: 5
Escala 2:1	Material: Aço VR-60	Projetista: Juscelino de Farias Maribondo



UFPB - CCT - CAMPUS I I

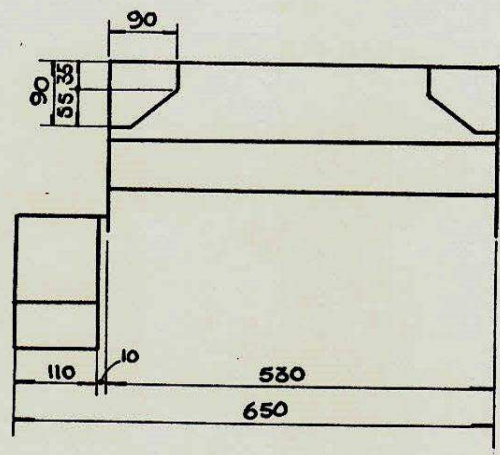
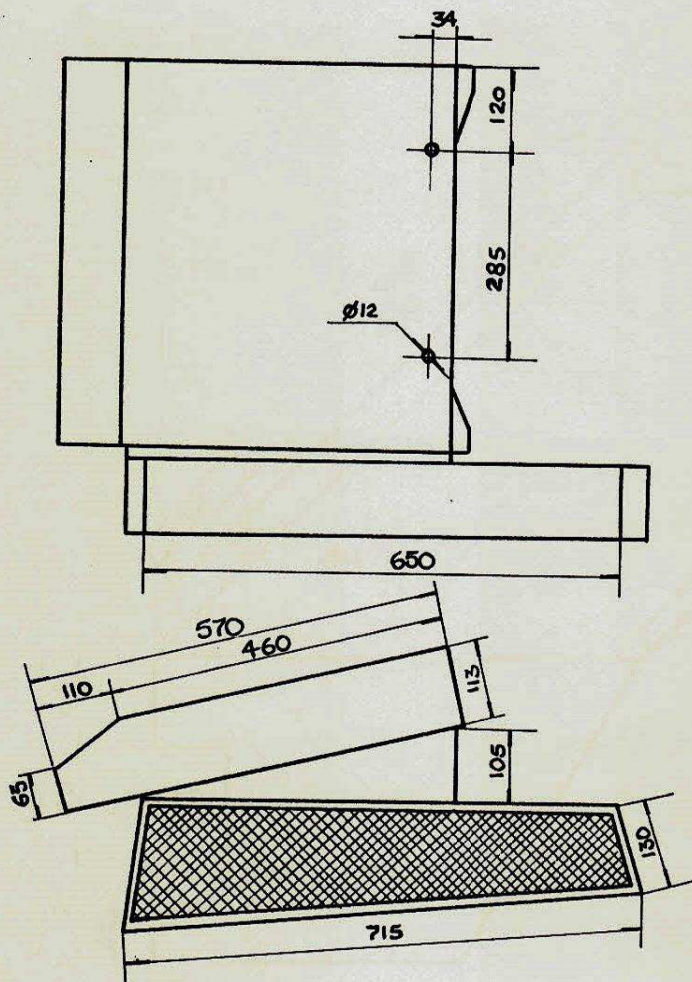
Denominação:
Póla CONDUTORA E CONDUZIDA

Desenho Nº
A1: 6

Escala:
2:1

Material
FoFo

Projetista:
Aucelino de Farias Maribondo



UFPB - CCT - CAMPUS I I

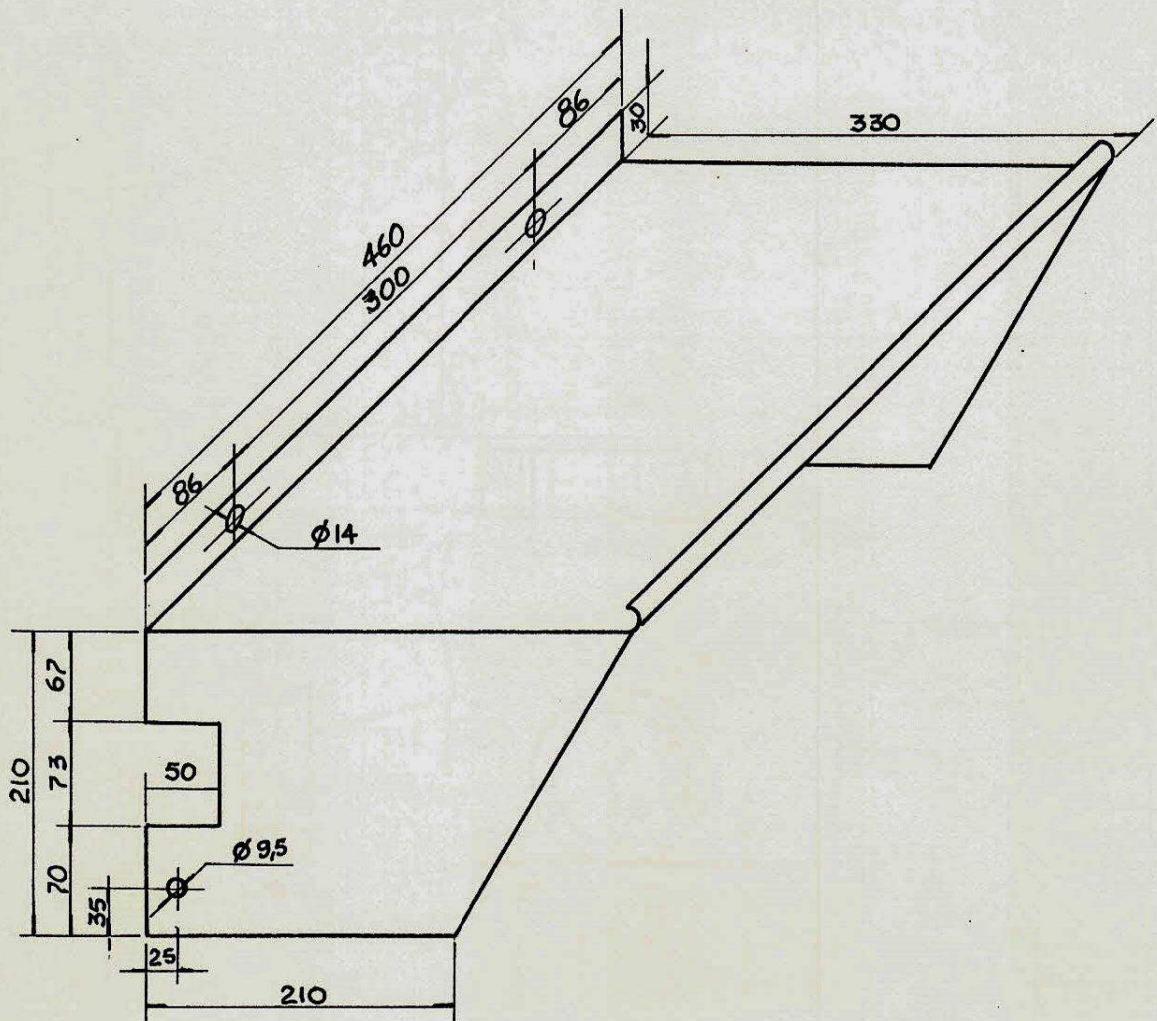
Denominação: Proteção para o motor e correias trapezoidais

Desenho Nº
A1:7

Escala:
1:1

Material
Aço 1020

Projetista
Aoscelino de Farias Maribondo



UFPB - CCT - CAMPUS II

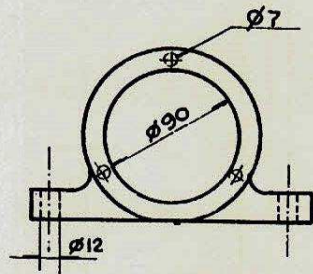
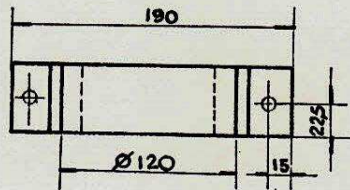
Denominação:
DEFLETOR DE PARTÍCULAS

Desenho Nº
A1:8

Escala:
2:1

Material
Aço 1020

Projetista:
Euscelino de Farias Maribondo



UFPB - CCT- CAMPUS II		
Denominação: MANCAL		Desenho Nº A1: 9
Escala: 2:1	Material: Fo Fo	Projetista: Juscelino de Farias Marcondes

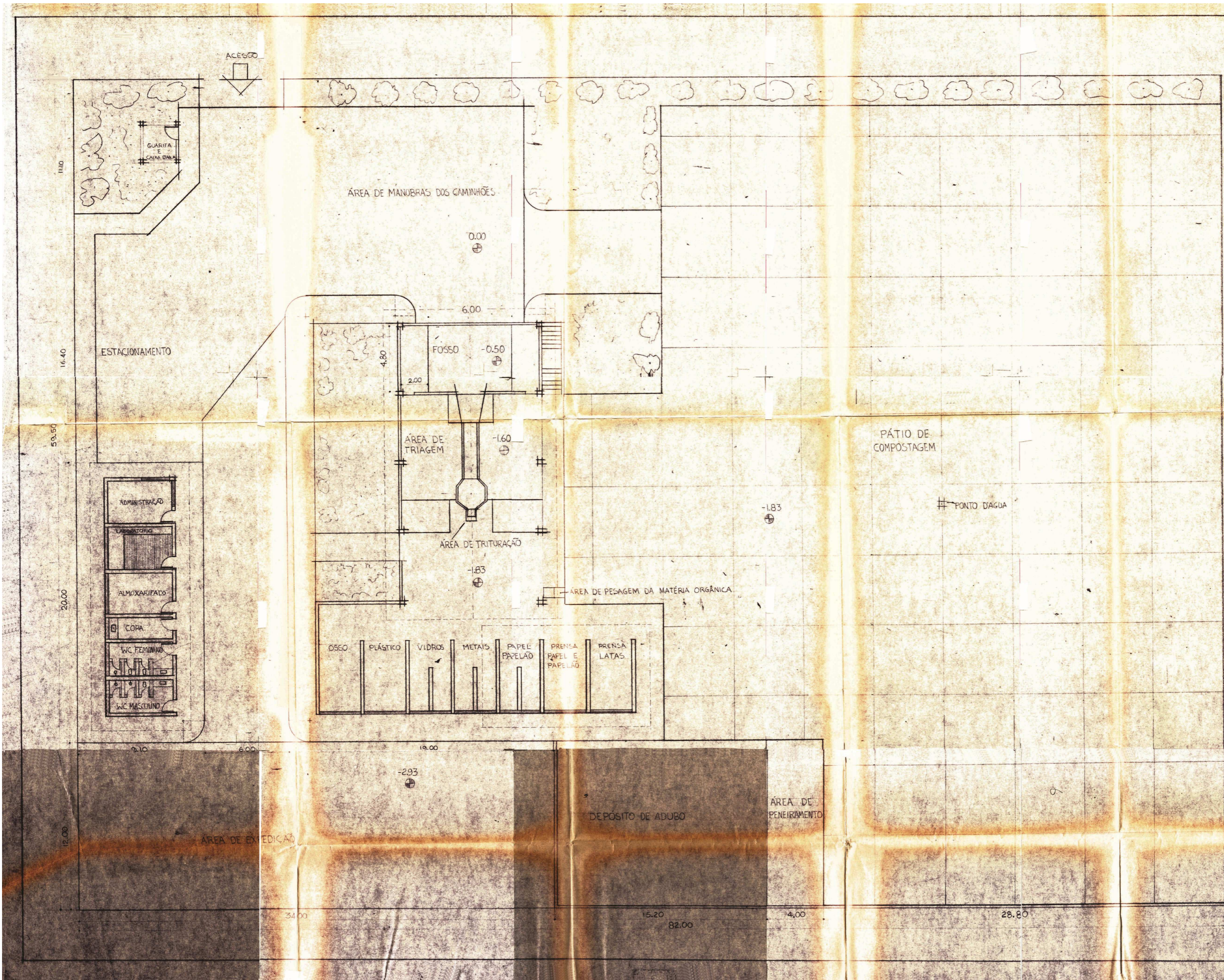
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALEXANDER, N. MICROBIAL ECOLOGY. In: Introduction Soil Microbiology, New York, 2a ed., pp 3 - 103, 1977.
- ANUARIO ESTATISTICO DO BRASIL, Rio de Janeiro, v. 52, p 1 - 1119, 1992.
- BACK, Nelson. METODOLOGIA DE PROJETO DE PRODUTOS INDUSTRIAIS. Rio de Janeiro, ed. Guanabara Dois S.A., 1983.
- BECCARI, Alfio & TANAKA, Roberto. AS AMEAÇAS AO GUARDA-SOL DO PLANETA. São Paulo, Revista Globo Ciência, ano 3, no 27, outubro, p 26 - 31, 1993.
- _____ . CONTROLE DE QUALIDADE - ENSAIO DE DUREZA, São Paulo, ed. Panambra 3/1974.
- CREDER, Hélio. INSTALAÇÕES ELETRICAS, Rio de Janeiro, 11a edição, ed Livros Técnicos e Científicos, 1991.
- DA SILVA, Aécio Moura. ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL - PLANEJAMENTO ECOLOGICO. João Pessoa, SUDEMA, 1989.
- DE ANDRADE, J. B. Ladislau. AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE LIMPEZA URBANA NA CIDADE DE CAMPINA GRANDE. Dissertação de mestrado submetida a Universidade Federal da Paraíba, Campus II, Campina Grande, setembro, 1989.
- FONSECA, Edmilson. SANEAMENTO RURAL NA PARAIBA. PROPOSTAS PARA IMPLANTAÇÃO E INSTITUCIONALIZAÇÃO. Trabalho apresentado no 15o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belém, 17 a 22 de setembro, 1989.
- FONSECA et alii. AVALIAÇÃO DA PRODUÇÃO E USO DO COMPOSTO ORGANICO DAS USINAS SIMPLIFICADAS DE COMPOSTAGEM DO LIXO DA PARAIBA. Trabalho apresentado no 17o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Natal, 19 a 23 de setembro, 1993.

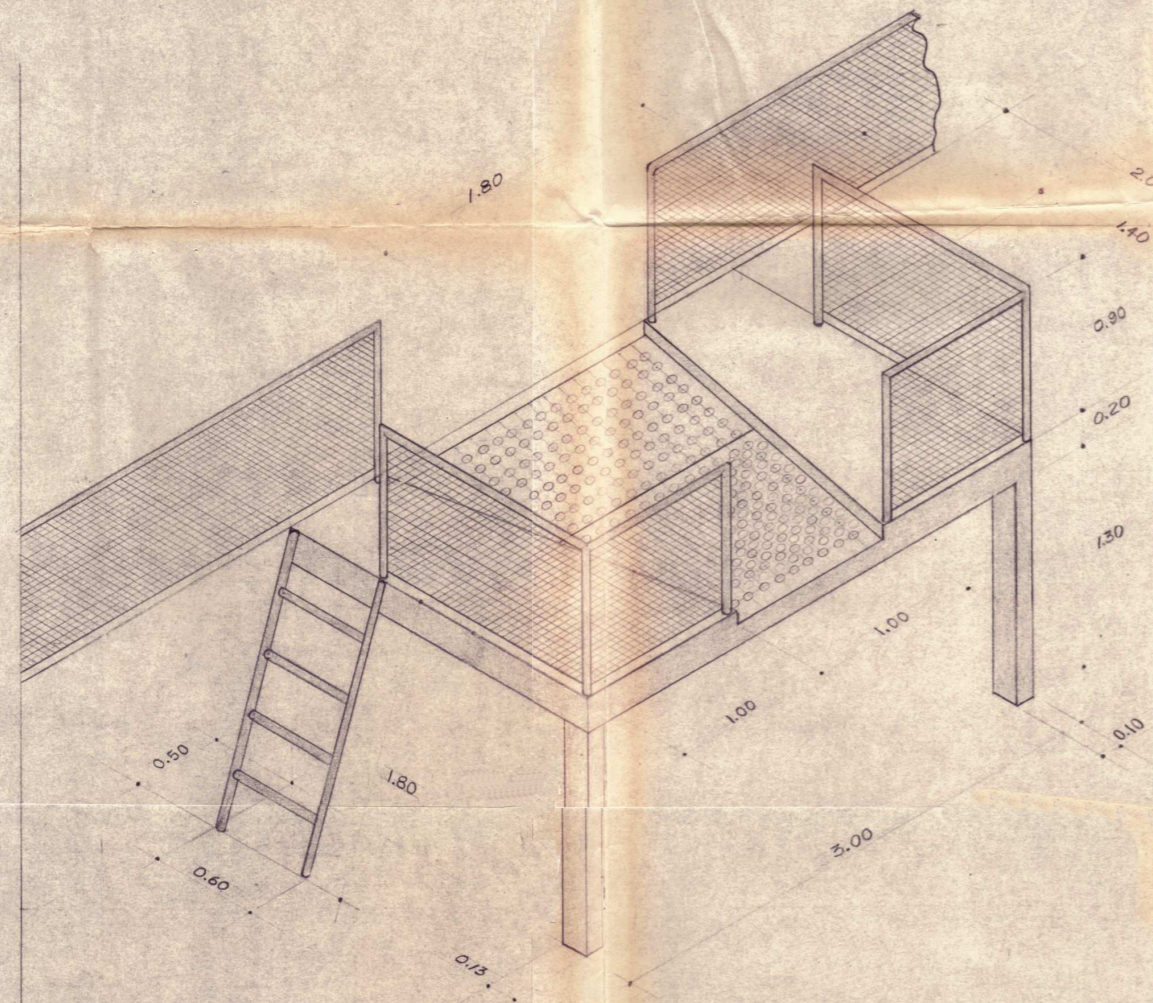
- GOLUEKE, C.G. BIOLOGICAL PROCESSING: COMPOSING AND HYDROLYSIS. Solid Waste Management V.N. Reinholds Company, pp 197 - 225, 1977.
- JUNIOR, Moacir Duarte. LIXO NUCLEAR, SO EM PARTE RECICLAVEL. São Paulo, Revista Globo Ciência, ano 2, nº 21, abril, p 8, 1993.
- LIMA, L. M. Queiroz. TRATAMENTO DE LIXO. São Paulo, ed. Hemus, 2ª edição, 1991.
- MANSUR, G. L. & PENIDO MONTEIRO, J. H. O COMPOSTO ORGANICO NO COMBATE A EROSAO PLUVIAL. Rio de Janeiro, Revista Engenharia Sanitária, v 19, nº 4, p 477 - 479, outubro/dezembro, 1980.
- MANSUR, G. L. & PENIDO MONTEIRO, J. H. PROJETO DE USINA DE RECI-CLAGEM E COMPOSTAGEM PARA CIDADES DE PEQUENO E ME-DIO PORTES. Rio de Janeiro, Revista Engenharia Sa-nitária, v 26, nº 1, janeiro/março, 1987.
- _____ . MANUAL DE MATERIAIS DE ADIÇÃO PARA SOLDA, São Pau-lo, ed. Aços Phoenix-Boehler S/A - Técnica de Sol-dagem
- NOBREGA, C. C. ESTUDO E AVALIAÇÃO DE UM METODO HIBRIDO DE AERAÇÃO FORÇADA PARA COMPOSTAGEM EM LEIRAS. Dissertação submetida a Universidade Federal da Paraíba, Campus II, Campina Grande, março, 1991.
- OGLIARI, André. ESTUDO E DESENVOLVIMENTO DE MECANISMOS DOSADORES DE PRECISÃO DE MAQUINAS SEMEADORAS. Dissertação submetida a Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, agosto, 1990.
- ONUKI, M. M. PROJETO INTEGRADO. SISTEMA DE COLETA, REMOÇÃO E DESTINO FINAL DO LIXO - ESPERANCA-PB. João Pessoa, Ministério da Saúde, Fundação SESP, Diretoria Re-gional da Paraíba, 1 de agosto, 1989.

- ORTH, M. H. A. & LINDENBERG, R. C. COMPOSTAGEM PELO METODO NATURAL EM USINA PILOTO. Trabalho apresentado no Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1983.
- PEIXOTO, J.O. DESTINAÇÃO FINAL DE RESIDUOS SOLIDOS, NEM SEMPRE UMA OPÇÃO ECONOMICA. Rio de Janeiro, Revista Engenharia Sanitária, v 27, no 1, janeiro/março, 1988.
- PEREIRA NETO, J. T. at alii. SISTEMA DE COMPOSTAGEM POR PILHAS ESTATICAS AERADAS - UMA PROPOSIÇÃO AO TRATAMENTO DO LISO URBANO E LODOS DE ESGOTOS. Trabalho apresentado no 13º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Maceió, 18 a 23 de agosto, 1985.
- PEREIRA NETO, J. T. CONCEITOS MODERNOS DE COMPOSTAGEM. Trabalho publicado na Revista Engenharia Sanitária da ABES, no 2, p 104-109, abril/junho, 1989.
- PEREIRA NETO, J. T. UM ELO ENTRE SANEAMENTO SAUDE E AGRICULTURA. Revista Saneamento Ambiental, no 2, fevereiro, 1990.
- PEREIRA NETO, J. T. RECICLAGEM DE RESIDUOS SOLIDOS DOMESTICOS. São Paulo, Trabalho apresentado no I Simpósio Nacional de Gerenciamento Ambiental na Indústria, 1991a.
- PEREIRA NETO, J. T. COMPOSTAGEM DO LIXO URBANO: ASPECTOS ECONOMICOS. São Paulo, Trabalho apresentado no I Simpósio Internacional Sobre Resíduos Sólidos Urbanos da UNICAMP, 1991b.
- PEREIRA NETO, J. T. A IMPORTANCIA DA TEMPERATURA NOS SISTEMAS DE COMPOSTAGEM. Trabalho apresentado no IV Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental - ABES, 1992a.

- PEREIRA NETO, J. T. ALGUNS ASPECTOS SOBRE O ESTADO DA ARTE DO GERENCIAMENTO DOS RESIDUOS SOLIDOS NO BRASIL. Trabalho apresentado no V Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental ABES/APESB - Lisboa, Portugal, 1992b.
- PEREIRA NETO, J. T. & MESQUITA, M. M. F. COMPOSTAGEM DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS ASPECTOS TEORICOS, OPERACIONAIS E EPIDEMIOLOGICOS. Publicação técnica do Laboratório Nacional de Engenharia Civil - LNEC, Lisboa, Portugal, dezembro, 1992c.
- PEREIRA NETO, J. T. RECICLAGEM DE RESIDUOS ORGANICOS. Trabalho publicado na Revista Saneamento Ambiental, dezembro, 1992d.
- PEREIRA NETO, J. T. & STENTIFORD, E. I. ASPECTOS EPIDEMIOLOGICOS NA COMPOSTAGEM. Trabalho publicado na Revista BIO da ABES, no 1, outubro/dezembro, 1992e.
- RATHJE, L. W. ONCE AND FUTURE LANDFILLS. Washington, D.C. USA, National Geographic, N.G.S., vol 179, no 5, p 116 - 134, maio, 1991.
- SHIGLEY, J. E. ELEMENTOS DE MAQUINAS. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos editora LTDA, v 2, 1984.
- _____ . SKF - GUIA DE MANUTENÇÃO E REPOSIÇÃO DE ROLAMENTOS, Catálogo 3014 PB, ed. Cia. Lithographica Ypiranga, 1977.
- THE EARTHWORKS GROUP. 50 PEQUENAS COISAS QUE VOCE PODE FAZER PARA SALVAR A TERRA. São Paulo, ed. Best Seller, 3ª ed., Edição especial para o círculo do livro, 1989.

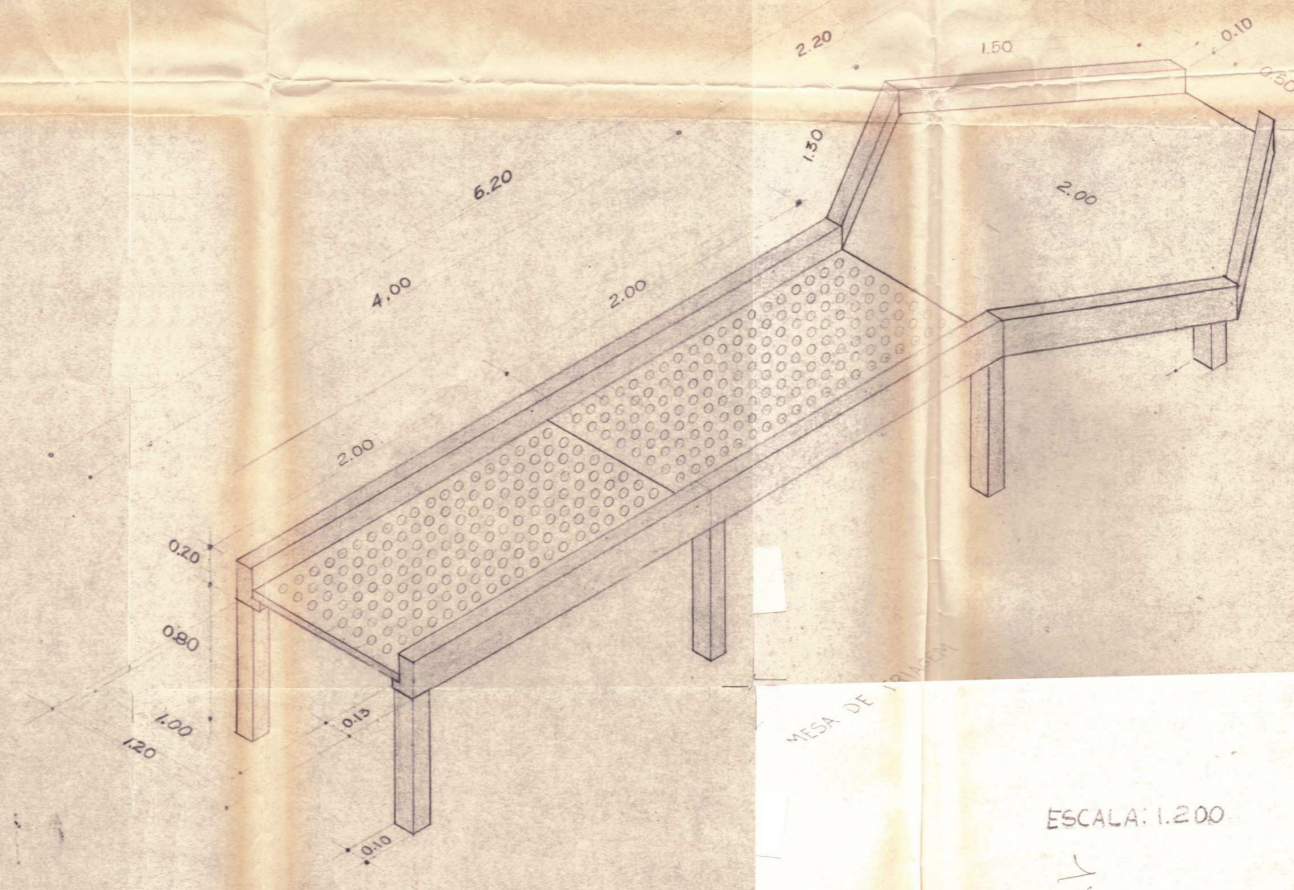


PROJETO ARQUITETÔNICO
USINA PILOTO DE COMPOSTAGEM DE LIXO
 DOMICILIAR PARA O ESTADO DA PARAÍBA
 PROJETO: JOSÉ CELINO DE FARIAS MARCONDO - ENG. MECÂNICO
 COLABORADORES: ADRIANAIR ALVES POEIRA - ARQUITETA
 NATE MOREIRA DE OLIVEIRA - DESIGNER INDUSTRIAL
 RAFAEL ANDRÉ ROCHA KUNHA - ARQUITETA
PLANTA BAIXA - ESCALA: 1/100
 DATA: 15/05/2014

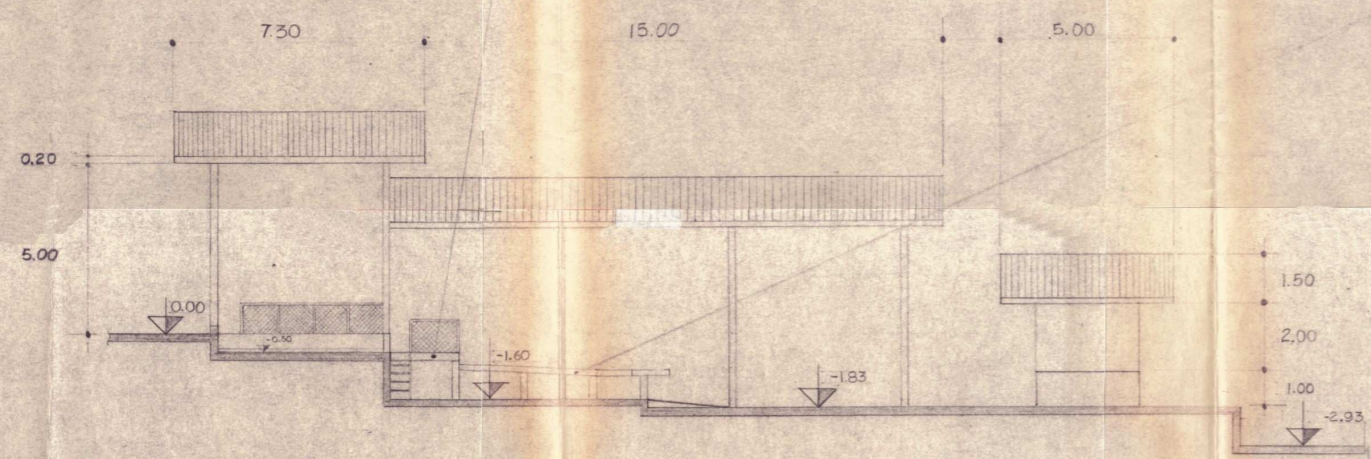


DETALHE DA ÁREA DE PRÉ-TRIEGEM DA AREIA

ESCALA: 1.200

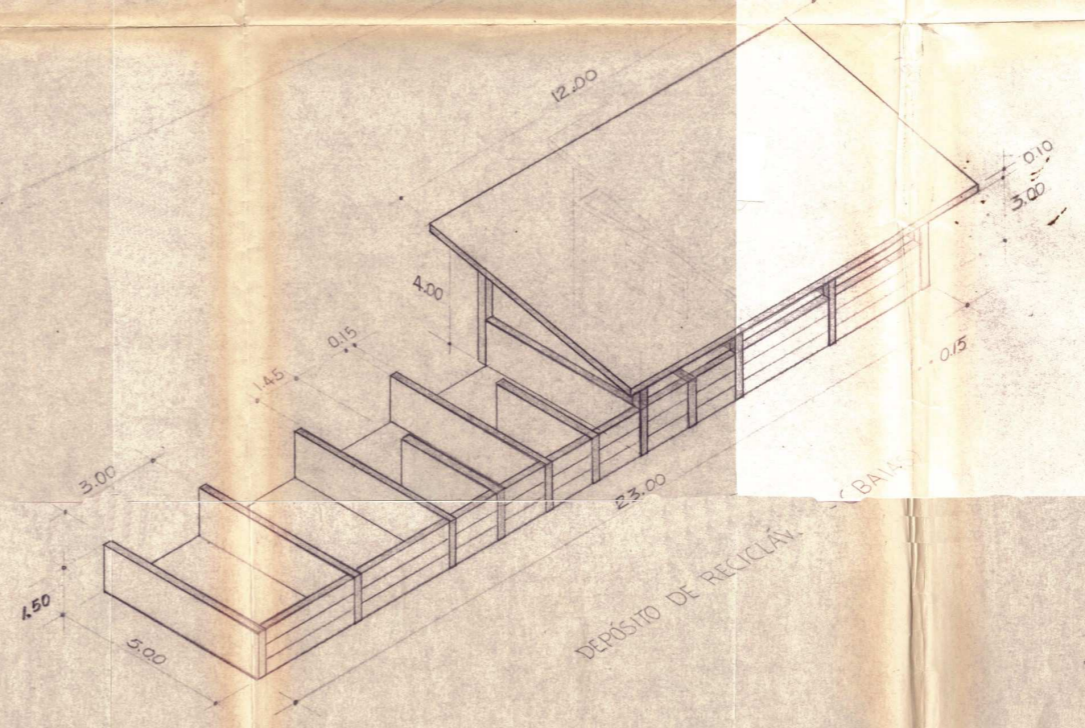


MESA DE
ESCALA: 1.200
1-1



ESCALA: 1.100

VISTA EM CORTE DA USINA



ESCALA: 1.100

UFPB - CCT - CAMPUS II
DENOMINAÇÃO: DETALHES DA USINA DE RECICLAGEM E COMPOSTAGEM DE LIXO DOMICILIAR
PROJETISTA: Juscelino de Farias Matiribondo
DESENHISTA: Rafael Antônio Paiva Romero