

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**PROCEDIMENTOS PARA APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS
SÓLIDOS URBANOS EM MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE.**

MARIA BERNADETE JUNKES

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

**Florianópolis – SC.
2002**

JUNKES, Maria Bernadete.

Código 1713

J.93r Procedimentos para Aproveitamento de Resíduos Sólidos Urbanos em Municípios de Pequeno Porte, Maria Bernadete Junkes – Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2002, 116f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2002.

1. Reciclagem 2. Compostagem 3. Resíduos Sólidos 4. Usina de Triagem.

CDD-363.7282

CDU-363.728

PROCEDIMENTOS PARA APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS EM MUNICÍPIOS DE PEQUENO PORTE.

MARIA BERNADETE JUNKES

Esta dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do título de **Mestre em Engenharia de Produção** no **Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção** da Universidade Federal de Santa Catarina.

Prof. Edson Pacheco Paladini, Dr.
Coordenador do Curso

BANCA EXAMINADORA

Prof. Lia Caetano Bastos, Dra.
Orientadora

Prof. Osmar Siena, Dr.

Prof. Luiz Fernando Jacintho Maia, Dr.

Florianópolis-SC., Novembro de 2002.

Ao meu pai que deixou o incentivo;
ao conhecimento como maior herança.
A minha mãe pelo constante apoio e incentivo.
Ao meu marido Vivaldo e as filhas Cyntia
e Gabrielly pela compreensão e paciência
nas horas ausentes.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter permitido a realização desse trabalho estando ao meu lado nas horas mais difíceis e solitárias.

A Professora Neide Iohoko Miyakava pela amizade, confiança, incentivo e oportunidade concedida, um especial muito obrigado.

A todos os colegas do curso de mestrado, em especial Gilson Tet-suo Miyakava, Adriano Tumelero, Estela Pitwak Rossoni e Aécio Alves Pereira pela amizade e colaboração.

As amigas Andreia Cristiane Stanger, Mércia Gomes Bessa Coelho, Mariene Ferreira Rodegheri e Eleonice de Fátima Dal Magro pela colaboração, ajuda e companheirismo no decorrer deste trabalho.

Aos colegas de trabalho Kênio Vilela de Oliveira, Maria do Carmo Vasconcelos Lemos Borges, Sérgio Nunes de Jesus, muito obrigado pelo apoio e colaboração.

Aos Professores que se deslocaram da Universidade Federal de Santa Catarina, muito obrigado pelo apoio, disponibilidade e amizade.

Ao Professor Álvaro Guillermo Rojas Lezana pela coordenação do curso, amizade, apoio e oportunidade.

Ao Professor Alexandre de Ávila Lerípio e sua equipe pela ajuda.

Ao Professor Olzeno Trevisan um especial muito obrigado pelo apoio, amizade e incentivo.

A Professora Lia Caetano Bastos pela orientação e recomendações necessárias a conclusão deste trabalho.

“Não importa a sua idade, idealize um grande sonho, e que seja tão grandioso quanto o céu.

Que este sonho transcenda o próprio corpo, para poder crescer e se expandir além; como um resplandecer preencherá o Universo, e se transformará em asas misteriosas que o levará a um mundo bem mais alto.

Nas asas desse sonho, você jovem avança e os velhos se renovam.

Não retenha as asas desse sonho, imagine que você é infinitamente grandioso. Não receie subir bem alto, não hesite, não diminua a si próprio.

Abrindo as asas desse sonho, ultrapasse os limites do corpo, mesmo que o corpo seu ainda seja pequeno quanto o pó da Terra, pois através do sonho você tem o poder de se unir à imensa energia criadora do universo.

Não permita que a tristeza o domine, mas se for dominado, erga-se de novo.

Mesmo que esse sonho seja desfeito, você tem o direito de sonhar novamente, pois ainda resta uma grandiosa energia. Para quem pode sonhar, este mundo será sempre um novo mundo.

Não se permita cair, mas se cair, levante-se novamente. Se você perder a confiança, e fracassar naquilo que está tentando, não desanime totalmente. O sonho é o nosso viveiro de esperança, e nesse viveiro do sonho nascem as nossas esperanças, e os brotos crescem alimentados pelo sonho.

Desenhe na mente o mais brilhante e mais grandioso sonho, pois a mente é nossa criadora onipotente.”

Masaharu Taniguchi

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE QUADROS	XII
LISTA DE TABELAS	XIII
RESUMO.....	XIV
ABSTRACT.....	XV
1. INTRODUÇÃO	16
1.1 OBJETIVOS.....	19
1.1.1 OBJETIVO GERAL	19
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
1.2 JUSTIFICATIVA.....	20
1.3 LIMITAÇÕES DO TRABALHO	21
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	22
2. REVISÃO DE LITERATURA	23
2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS	23
2.1.1 HISTÓRICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	24
2.1.2 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS	25
2.1.3 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS..	26

2.1.4	GERAÇÃO, TRATAMENTO E DESTINAÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	28
2.1.5	IMPACTOS AMBIENTAIS, ECONÔMICOS E SOCIAIS ASSOCIADOS À FALTA DE TRATAMENTO ADEQUADO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	32
2.2	RECICLAGEM.....	34
2.2.1	HISTÓRICO DA RECICLAGEM.....	34
2.2.2	IMPORTÂNCIA DA RECICLAGEM.....	35
2.3	COMPOSTAGEM.....	36
2.3.1	HISTÓRICO DA COMPOSTAGEM.....	38
2.3.2	IMPORTÂNCIA DA COMPOSTAGEM.....	40
2.3.3	CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS PARA COMPOSTAGEM	45
2.4	USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM.....	48
2.4.1	ALTERNATIVAS DE USINA EM FUNÇÃO DA QUANTIDADE DO LIXO.....	49
2.4.2	VANTAGENS DA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM	53

3. PROCEDIMENTOS PARA APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

URBANOS.....	55	
3.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	55
3.2	METODOLOGIA DO TRABALHO	56
3.2.1	LEVANTAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS	57
3.2.2	VERIFICAÇÃO DAS POLÍTICAS DE GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS.....	57
3.2.3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	59
3.2.4	ELABORAÇÃO DE PROPOSTAS PARA APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	60
3.2.4.1	PRODUÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	62
3.2.4.2	MATERIAIS ORGÂNICOS	62
3.2.4.3	PÁTIO DE COMPOSTAGEM.....	63
3.2.4.4	VENDA OU APROVEITAMENTO DO COMPOSTO.....	63

3.2.4.5	MATERIAIS RECICLÁVEIS	63
3.2.4.6	APROVEITAMENTO DE RECICLÁVEIS	64
3.2.4.7	VENDA DE PRODUTOS RECICLÁVEIS	64
3.2.4.8	REJEITOS.....	64
3.2.4.9	ATERRO CONTROLADO	65
4.	ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE CACOAL- RO	66
4.1	CARACTERÍSTICAS DO ESTADO DE RONDÔNIA	66
4.1.1	HISTÓRICO DO ESTADO DE RONDÔNIA	67
4.1.2	EVOLUÇÃO POLÍTICA ADMINISTRATIVA.....	68
4.1.3	SITUAÇÃO DO LIXO NO ESTADO	70
4.2	CARACTERÍSTICAS DO MUNICÍPIO DE CACOAL	74
4.3	RESULTADOS DA AVALIAÇÃO	82
4.4	PROCEDIMENTOS PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM	84
4.4.1	LEVANTAMENTO DO PERFIL DA POPULAÇÃO	86
4.4.2	AVALIAÇÃO E COMPARAÇÃO DAS ALTERNATIVAS.....	86
4.4.3	DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO.....	88
4.4.4	DIMENSIONAMENTO DA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM	89
4.4.5	ELABORAÇÃO DO PROJETO PARA IMPLANTAÇÃO DA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM.....	93
4.5	AVALIAÇÃO DAS CONSEQÜÊNCIAS PROVENIENTES DA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM	93
5.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	97
5.1	CONCLUSÕES.....	97
5.2	RECOMENDAÇÕES	99
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
	ANEXOS	107

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: EQUIVALÊNCIA DO COMPOSTO ORGÂNICO EM RELAÇÃO AO FERTILIZANTE MINERAL.	44
FIGURA 2: ESQUEMA DE UMA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM 25T/DIA	50
FIGURA 3: ESQUEMA DE UMA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM COM CERCA DE 50T/DIA	51
FIGURA 4: ESQUEMA DE USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE MAIS DE 100T/DIA.	52
FIGURA 5: ESQUEMA DE UMA USINA DE COMPOSTAGEM ACELERADA.	53
FIGURA 6: PROCEDIMENTOS PARA APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS	56
FIGURA 7: FLUXOGRAMA PARA APROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	62
FIGURA 8: ESTADO DE RONDÔNIA E AS PRINCIPAIS CIDADES.	69
FIGURA 9: COMPOSIÇÃO DO LIXO NO ESTADO DE RONDÔNIA	72
FIGURA 10: PARÂMETROS DAS CHUVAS NO ESTADO DE RONDÔNIA..	73

FIGURA 11: VISTA AÉREA DA CIDADE DE CACOAL.	75
FIGURA 12: LIXO ESPALHADO NAS VIAS PÚBLICAS DA CIDADE.....	79
FIGURA 13: COLETA DE LIXO NAS VIAS PÚBLICAS	80
FIGURA 14: FLUXOGRAMA DO GERENCIAMENTO DO LIXO URBANO NA CIDADE DE CACOAL – RO.	82
FIGURA 15: PROCEDIMENTOS PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM.....	85
FIGURA 16: FLUXOGRAMA PROPOSTO PARA O GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA CIDADE DE CACOAL – RO.	96

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	29
QUADRO 2: CARACTERIZAÇÃO DE RESÍDUOS ANIMAIS E VEGETAIS... 47	47
QUADRO 3: TIPOS DE LICENÇAS AMBIENTAIS.	89
QUADRO 4: CARACTERÍSTICAS DA OPERAÇÃO DA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM.	91

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: CARACTERÍSTICAS DE UMA UNIDADE DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM E DO ATERRO DE REJEITOS PARA COMUNIDADES DE 10.000 HABITANTES	54
TABELA 2: INFORMAÇÕES RELATIVAS AS CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO	59
TABELA 3: CARACTERIZAÇÃO DOS VEÍCULOS COLETORES	80
TABELA 4: VARIAÇÃO DIÁRIA DA QUANTIDADE DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO PERÍODO DE 22 A 28 DE MARÇO DE 2002/ QUILOS.....	81

RESUMO

JUNKES, Maria Bernadete. **Procedimentos para Aproveitamento de Resíduos Sólidos Urbanos em Municípios de Pequeno Porte.** Florianópolis, 2002, 116f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2002.

O correto manejo dos resíduos sólidos é um dos principais desafios dos centros urbanos nesse início de milênio. A importância do aproveitamento dos resíduos sólidos urbanos para reciclagem e fabricação de composto orgânico, está relacionada à sua viabilização econômica e social. Neste trabalho foram elaborados procedimentos para aproveitamento de resíduos sólidos urbanos em municípios de pequeno porte, visando equacionar o desequilíbrio entre a produção dos resíduos e as escassas possibilidades de dispô-lo corretamente, sem agredir a saúde humana e o meio ambiente. Deu-se enfoque as condições de financiamento para o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos, que já fazem parte da atual Política Nacional de Financiamento do País. Para analisar a metodologia proposta neste trabalho de pesquisa, foi simulado um estudo de caso no Município de Cacoal - Rondônia, tendo enfatizado como alternativa de aproveitamento a triagem e compostagem dos resíduos sólidos urbanos por meio de uma usina de triagem. Os projetos nesta área de saneamento básico deve ter sustentabilidade para sobreviver a grupos, pessoas, políticos e governos para obter os resultados esperados de sucesso.

Palavras-chave: Reciclagem, compostagem, Resíduos sólidos urbanos, usinas de triagem.

ABSTRACT

JUNKES, Maria Bernadete. **Procedures for usefulness of urban solid residues in small town**. Florianopolis, 2002. 116f. (Dissertation Mastership in Production Engineering) – Post-Graduation Program in Production Engineering, UFSC, 2002.

The right handling of solid residues is the main challenge of urban centers in the beginning of this millenium. The importance of the utilization of these urban solid residues for the recycling and manufacturing of organic compost, is related to its economical and social feasibility. In this piece of work there have been elaborated procedures for usefulness of urban solid residues in small town, aiming to equationate the balance between the production of residues and the slim possibilities to dispose correctly, without aggrassing human health and the environment. A focus has been given to the financial condition of this kind of project associated with the management of urban solid residues, which are already part of the current National Policy of the Country's Financing.

To analise the methodology in this researching project, a study was simulated in Cacoal – Rondônia, so it was emphasized as alternative of usefulness the selection a compost of the solid residues though a sorting factory.

Projects in the basic sanitation field must have sustainability to survive to groups, people, politicians and governments to obtain the expected successful results.

Keywords: Recycling, compost, Urban solid residues, sorting factory.

1. INTRODUÇÃO

O tratamento e a destinação final do lixo urbano ou resíduos sólidos urbanos¹ sempre foi uma preocupação dos municípios e principalmente das organizações governamentais e não governamentais ligadas a área de saneamento ambiental. Na maioria dos municípios brasileiros de pequeno porte a administração se limita a varrer os logradouros e recolher o lixo domiciliar de forma nem sempre regular depositando-o em locais afastados da vista da população sem maiores cuidados sanitários. Essa situação é provocada ou pela falta de consciência das autoridades municipais com a problemática do lixo urbano ou pelas dificuldades financeiras que impedem a aquisição de equipamentos necessários e disponíveis no mercado para coleta, compactação, transporte e destinação dos resíduos sólidos.

As conseqüências desses procedimentos são graves como por exemplo o assoreamento de rios e canais devido ao lançamento de detritos nesses locais, a contaminação de lençóis de água comprometendo seu uso domiciliar, a poluição da atmosfera, com o desprendimento de gases e o mau cheiro, a proliferação de insetos, roedores, transmissores de doenças, e o problema da presença de catadores nos locais onde os resíduos sólidos são

¹ Resíduos sólidos urbanos refere-se ao lixo municipal, gerado no ambiente urbano e constituído pelos materiais de origem domiciliar, de estabelecimentos comerciais, de prestação de serviços, de varrição e de feiras livres.

ma da presença de catadores nos locais onde os resíduos sólidos são depositados a céu aberto, os conhecidos “lixões”.

Já faz parte também do senso comum, principalmente nos grandes centros, a percepção de que os resíduos sólidos (domiciliar, industrial ou agrícola) são uma das mais sérias formas de desperdício no país.

Segundo Chermont (2000), em função das sérias dificuldades financeiras que os municípios de pequeno porte vem enfrentando, os mesmos não podem desprezar as oportunidades de gerar recursos para o erário público e bem estar da população. Dentre as oportunidades reais existentes, a reciclagem e compostagem² dos resíduos sólidos começam a ser vistas como solução factível tanto para a destinação final do lixo recolhido como para a geração de riquezas.

Segundo Homma (2000), os resíduos sólidos urbanos nas últimas décadas, tem sido estudado no sentido de se obter técnicas mais eficientes e seguras de dispô-lo no ambiente ou torná-lo novamente útil.

Segundo Bley Jr. (2001), os resíduos sólidos domiciliares são compostos por uma fração orgânica que pesa em média 50% (são resíduos orgânicos de origem vegetal e animal) e cerca de 1/3 é industrialmente reciclável. Além dos domicílios onde normalmente os orgânicos são misturados a plásticos, vidros e outros materiais que contribuem para a sua contaminação, outras fontes geradoras de resíduos orgânicos ocorrem no meio urbano. São exemplos os restos vegetais gerados em podas, capinas e roçadas, os resíduos de centrais de abastecimento, cozinhas industriais, restaurantes, agroindústrias entre outras que na maioria das vezes, se diferem dos resíduos sólidos domiciliares por serem materiais homogêneos reconhecidos como resíduos orgânicos limpos.

² Compostagem é a denominação dos procedimentos de transformação de resíduos sólidos que constitui material orgânico em matéria orgânica ou fertilizante.

Segundo Pereira (1999), 90% da poluição brasileira é de origem orgânica onde o despejo inapropriado desses resíduos em lixões ou aterros mal controlados leva à putrefação gerando forte emissão de gases fétidos, além da produção do chorume (líquido altamente poluente de composição variada que contém sólidos dissolvidos em suspensão ácidos orgânicos, microrganismos patogênicos e substâncias químicas).

Segundo D'Almeida (2000), levantamentos realizados em usinas de triagem e compostagem de resíduos sólidos apontam que em média, depois de devidamente processado, chega-se a uma produção de composto orgânico da ordem de 40% da quantidade inicial de lixo chegada a usina. É certo que a composição do lixo varia de município para município, porém se uma parte desse lixo for utilizada em produção de composto orgânico e outra reciclada em indústrias de papel, metal, plástico e vidro, o volume final com destino a aterros sanitários será bastante reduzido.

Em meados da década de 90, o Estado de Rondônia começou a buscar alternativas e soluções para o problema dos resíduos sólidos, criando um projeto denominado “Lixo Recriando a Vida”, mais precisamente no ano de 1994, por meio de um seminário³ “Políticas Públicas para o Lixo Urbano” promovido pela prefeitura da capital, Porto Velho. Esse evento reuniu representantes de diversos segmentos da sociedade, tais como: associações de comunidades de bairros, estudantes, professores, trabalhadores de empresas públicas e privadas, comerciantes, industriais, profissionais liberais, secretários municipais, vereadores, deputados estaduais, palestrantes locais e de outras capitais do País, onde levantou-se a problemática causada pela mobilização e acondicionamento dos resíduos sólidos apontando-se para possíveis soluções.

A área caracterizada para estudo é o Município de Cacoal no Estado de Rondônia, com uma proposta de aproveitamento por meio de uma usina de triagem e compostagem, face a necessidade de melhorar a disposição final de

³ Relatório do Seminário “Políticas para o Lixo Urbano”, Porto Velho, maio 1994 – Prefeitura do Município de Porto Velho. Coordenação: Secretária Municipal de Planejamento e Coordenação-SEMPLA.

resíduos sólidos no Município, no sentido da preservação ambiental, saúde pública, economia do erário público, fertilidade dos solos agrícolas e oferta de novos empregos com a triagem de recicláveis, tornam-se o ponto central desta pesquisa.

1.1 OBJETIVOS

Os objetivos do trabalho são: quantificar, levantar dados para o diagnóstico de uma situação específica estudada e apresentar alternativas viáveis de contribuições a um público alvo.

1.1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é diagnosticar a situação dos resíduos sólidos urbanos em municípios de pequeno porte, visando propor procedimentos para seu melhor aproveitamento.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos tem-se:

- Levantar informações sobre os resíduos sólidos e seus impactos ambientais, econômicos e sociais.
- Quantificar os resíduos sólidos urbanos da área em estudo.
- Identificar alternativas de aproveitamento dos resíduos sólidos de acordo com a situação do município.

- Aplicar a metodologia proposta no Município de Cacoal, Estado de Rondônia.

1.2 JUSTIFICATIVA

As soluções para a questão dos resíduos sólidos preconizados na década de 30, segundo Pereira (1999), incluíam o uso de enterramento dos resíduos. O desenvolvimento industrial da época não havia lançado no mercado os vários materiais de consumo descartáveis hoje existentes, muitos dos quais não degradáveis e perigosos ao ambiente. A evolução tecnológica verificada no período mudou totalmente a característica (composição qualitativa) dos resíduos sólidos. Desse modo, no século XXI, parece irracional insistir na mesma solução usada para o lixo em 1930. Não há do ponto de vista técnico, sanitário e ambiental, qualquer justificativa para o enterramento de plásticos, vidros, metais e principalmente matéria orgânica que se tornaram matérias-primas de novos produtos reduzindo custo de produção.

“Todo dia, mais de 70 milhões de toneladas de lixo e, com ele cerca de 24,5 milhões de toneladas de matéria orgânica são jogados nos aterros sanitários espalhados por todo o país. Com isso desperdiça-se aproximadamente 490.000 toneladas de nutrientes, o suficiente para adubar 104.000 hectares de solo destinado a hortas, por exemplo. É muita matéria orgânica e adubo, para passar despercebido.” (Agricultura Orgânica – 1991:96)

É por isso que já deixou de ser novidade o uso de composto orgânico de resíduos sólidos urbanos como adubo na agricultura brasileira. No Brasil a quantidade de lixo produzida por pessoa segundo Homma (2000) está na média de 01 kg/dia, portanto não é difícil descobrir a quantidade aproximada de lixo que uma cidade pode produzir, o mais complicado é descobrir o teor de matéria orgânica contida neste lixo produzido.

“Os processos de tratamento dos resíduos sólidos domiciliares podem variar, desde uma simples peneiragem para se obter a fração mais fina a ser aproveitada no preparo do fertilizante composto, até os processos utilizados nas usinas sofisticadas, que do lixo retiram mecanicamente materiais recicláveis a serem industrializados, como papel, papelão, vidro, metais plásticos, trapos, couro, madeira e produzindo o composto com a matéria orgânica restante. (Kiehl, 1985:320).

O que leva a realizar o presente estudo é a grande quantidade de resíduos sólidos urbanos existentes nas vias públicas e terrenos vazios do Município de Cacoal – Estado de Rondônia. Os resíduos sólidos produzidos na cidade, com a colonização diversificada oriundas de outras regiões do país diferenciam-se na média nacional, por conter quantidades de resíduos orgânicos elevados decorrentes das atividades predominantemente agrícolas com indicação de alternativas que venham a amenizar o problema.

1.3 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

- A pesquisa restringe-se a municípios com capacidade de produção de resíduos sólidos equivalente a 50 toneladas/dia no máximo.
- Dificuldade na obtenção de dados oficiais em relação a caracterização qualitativa e quantitativa dos resíduos sólidos da área em estudo.
- A pesquisa baseia-se em revisões bibliográficas.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho está estruturado em cinco capítulos, sendo o primeiro capítulo destinado à introdução, justificativa, objetivos, limitações e apresentação da estrutura do tema proposto.

No segundo capítulo aborda-se a revisão de literatura com levantamentos históricos, conceituação, caracterização e impactos ambientais, econômicos e sociais ligados aos resíduos sólidos urbanos, os processos de tratamento envolvendo a reciclagem e a compostagem, alternativas de aproveitamento, dimensões e vantagens de usinas de triagem e compostagem dos materiais orgânicos do lixo.

No terceiro capítulo são apresentados os procedimentos a serem seguidos com o objetivo de identificar a melhor alternativa para promover o aproveitamento de resíduos sólidos em municípios de pequeno porte.

No quarto capítulo aborda-se o estudo de caso no Município de Cacoal – RO, caracteriza-se o Estado e o Município com levantamento de informações, avaliação de análise de dados e as conseqüências provenientes da implantação de uma usina de triagem e compostagem.

No quinto capítulo são apresentadas as conclusões do trabalho, bem como as recomendações para futuras pesquisas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo serão abordados os principais estudos encontrados na área, relacionando-se a pesquisa baseada em dados secundários como os históricos, conceitos, classificação, geração e destinação dos resíduos sólidos urbanos; os impactos ambientais, econômicos e sociais associados a falta de tratamento adequado desses resíduos. Abordagem semelhante é feita com os métodos de tratamento como a reciclagem para o material inorgânico e um enfoque especial a compostagem do material orgânico, os tipos, dimensões e vantagens das usinas de triagem e compostagem.

2.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

Resíduos sólidos são definidos pela NBR 10004⁴ - Resíduos Sólidos da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT como “resíduos nos estados sólidos ou semi-sólidos ou que resultam da atividade da comunidade, de

⁴ NBR 10004 – Norma Brasileira de Resíduos em vigor desde 1987, estabelece a metodologia de classificação dos resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública com o objetivo exclusivo de adequar o manuseio e o destino final dos mesmos.

origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Considera-se também, resíduo sólido, os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle da poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, exigindo para isso soluções técnicas e economicamente viáveis face a melhor tecnologia disponível”.

2.1.1 HISTÓRICO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Do ponto de vista histórico, segundo Dias (2000), o lixo surgiu no dia em que os homens passaram a viver em grupos, fixando-se em determinados lugares e abandonando os hábitos de andar de lugar em lugar à procura de alimentos ou pastoreando rebanhos. A partir daí processos para eliminação do lixo passaram a ser motivo de preocupação, embora as soluções visassem unicamente transferir os resíduos produzidos para locais afastados das aglomerações humanas primitivas. No Brasil como registro de épocas pré-históricas são encontrados sambaquis⁵ e o lançamento de detritos em locais desabitados a céu aberto ou em rios e córregos. Existem algumas referências na história antiga ao enterramento e ao uso do fogo como métodos de destruição dos restos inaproveitáveis. Com o passar do tempo as comunidades foram crescendo e os problemas relacionados ao lixo urbano se agravando, as práticas empregadas para resolver tais questões se mantiveram inalteradas. Somente no século XIX começaram a surgir as primeiras alternativas para o problema do lixo urbano capazes de atender aos aspectos sanitários e econômicos; desde então passaram a ser adotadas medidas para a regulamentação dos serviços e procedimentos no campo da limpeza. As primeiras iniciativas dos serviços para destinação final dos resíduos sólidos urbanos foi na cidade de São Paulo, no século XIX, quando definiu as áreas para disposição final do lixo distantes do centro

⁵ Sambaquis – monumentais montes de lixo resultantes da ocupação do litoral muito antes do descobrimento do Brasil.

urbano, sendo que o transporte ficava a cargo do munícipe interessado. Em 2002 verifica-se que o impacto causado no meio ambiente pela produção desenfreada de resíduos sólidos, tem levado governo e sociedade a buscar alternativas para minimizar a degradação da natureza e aumentar o bem estar da sociedade como um todo. Várias iniciativas no sentido de ordenar a questão dos resíduos sólidos já foram realizadas mediante projetos de lei. Para os municípios recaem os planos de gerenciamento integrado e a gestão do lixo municipal.

2.1.2 RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Em termos genéricos segundo D'Almeida (2000) denomina-se resíduo sólido urbano ou lixo sólido urbano o conjunto de detritos gerados em decorrência das atividades humanas nos aglomerados urbanos. Incluem-se aí resíduos domiciliares, os originados nos estabelecimentos comerciais, industriais e de prestação de serviços, os decorrentes dos serviços de limpeza pública urbana, aqueles oriundos dos estabelecimentos de saúde (sépticos e assépticos), os entulhos de construção civil e os gerados nos terminais rodoviários, ferroviários, portos e aeroportos.

No Brasil, segundo Vailati (1998), a denominação de resíduos sólidos urbanos normalmente caracteriza o lixo cuja coleta, transporte e destinação final é por definição legal de responsabilidade das prefeituras municipais, o que inclui o lixo domiciliar, o comercial e o público. Os resíduos assépticos dos estabelecimentos de saúde e os decorrentes de terminais rodoviários e ferroviários, bem como os entulhos podem também compor o conjunto de detritos atendidos pela coleta oficial dos municípios, dependendo do entendimento que cada comunidade adotar para a questão. Os demais (industriais, sépticos e os produzidos em portos e aeroportos) requerem cuidados especiais quanto ao seu acondicionamento, coleta, transporte e destinação final, devido à periculosidade real ou potencial à saúde humana e ao meio ambiente. Segundo

D'Almeida (2000), de acordo com as normas vigentes do país, o descarte e o tratamento dos materiais são de responsabilidade das fontes geradoras e não do poder público municipal.

2.1.3 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

São várias as formas possíveis de se classificar o lixo segundo James (1997) considerando o local de origem, as fontes geradoras e as características e hábitos de consumo da sociedade brasileira como por exemplo:

- Por sua natureza física: seco e molhado.
- Por sua composição química: matéria orgânica e matéria inorgânica.
- Pelos riscos potenciais ao meio ambiente: perigosos, não inertes e inertes.

Outra forma de classificação do lixo segundo D'Almeida (2000) é quanto à origem, ou seja, domiciliar, comercial, público, serviços de saúde e hospitalar, portos, aeroportos e terminais ferroviários e rodoviários, industriais, agrícolas e entulhos:

- Domiciliar: originado na vida diária das residências, constituído por restos de alimentos (cascas de frutas, verduras, sobras, etc.) produtos deteriorados, jornais e revistas, garrafas, embalagens em geral, papel higiênico, fraldas descartáveis e uma grande diversidade de outros itens.
- Comercial: aquele originado nos diversos estabelecimentos comerciais e de serviços, tais como supermercados, estabelecimentos bancários, lojas, bares, restaurantes, etc. O lixo destes locais tem grande quantidade de papel, plásticos, embalagens diversas

e resíduos de asseio dos funcionários, tais como papel-toalha, papel higiênico.

- Público: é aquele originado dos serviços de limpeza pública urbana: os resíduos de varrição das vias públicas, limpeza das praias, limpeza das galerias, córregos e terrenos vazios, restos de podas das árvores, corpos de animais, etc. Também estão incluídos os de limpeza em áreas de feiras livres, constituído por restos vegetais diversos, embalagens, etc.
- Serviços de Saúde e Hospitalar: Constituem os resíduos sépticos, ou seja, aqueles que contêm ou potencialmente podem conter germes patogênicos (agulhas, seringas, gases, bandagens, algodões, órgãos e tecidos removidos, meios de culturas e animais usados em testes, sangue coagulado, luvas descartáveis, remédios com prazo de validade vencido, instrumentos de resina sintética, filmes fotográficos de raios-X, etc.); oriundos de locais como hospitais, clínicas, laboratórios, farmácias, clínicas veterinárias, postos de saúde. Os resíduos assépticos destes locais como papéis, restos da preparação de alimentos, resíduos de limpezas gerais, e outros materiais desde que coletados separadamente e não entrem em contato direto com pacientes ou com os resíduos sépticos são semelhantes aos resíduos domiciliares.
- Portos, aeroportos, terminais rodoviários e ferroviários: aqueles que contêm ou potencialmente podem conter germes patogênicos, que se constituem de materiais de higiene, asseio pessoal e restos de alimentos, os quais podem veicular doenças provenientes de outras cidades, estados e países.
- Industrial: originado nas atividades dos diversos ramos da indústria tais como metalúrgica, química, petroquímica, papéis, alimentícia, etc. O lixo é bastante variado, podendo ser representado por

cinzas, lodos, óleos, resíduos alcalinos ou ácidos, plásticos, papéis, madeiras, fibras, borrachas, metais, vidros, cerâmicas, etc.

- Agrícola: incluem embalagens de fertilizantes e defensivos agrícolas, rações, restos de colheita e todos resíduos sólidos das atividades agrícolas e da pecuária, sendo este último preocupação crescente pela enorme quantidade de esterco animal gerado nas fazendas de pecuária intensiva. As embalagens de agrotóxicos altamente tóxicas têm sido alvo de legislação específica quanto aos cuidados na sua destinação final⁶.
- Entulhos: resíduo da construção civil, composto por materiais de demolições, restos de obras, solos de escavações diversas, geralmente um material inerte, passível de reaproveitamento, porém contém materiais que podem conferir toxicidade como restos de tintas, solventes, peças de amianto e metais diversos, cujos componentes podem ser removidos caso o material não seja disposto adequadamente.

2.1.4 GERAÇÃO, TRATAMENTO E DESTINAÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.

A geração crescente e diversificada de resíduos sólidos nos meios urbanos e a necessidade de disposição final, alinha-se entre os mais sérios problemas ambientais enfrentados indistintamente por países ricos e industrializados e pelas sociedades em desenvolvimento. Segundo Dias (2000) a geração é proporcional ao aumento da população e desproporcional à disponibilidade de soluções para o gerenciamento dos detritos, resultando em sérias defasagens na prestação de serviços, tais como a diminuição gradativa da quali

⁶ Lei Federal n. 7.802, de 11/07/89 – Dispõe sobre agrotóxicos (regulamentada pelo Decreto n. 98816 de 11/01/90).

dade do atendimento, a redução do percentual da malha urbana atendida pelo serviço de coleta e o seu abandono em locais inadequados. Equacionar o desequilíbrio entre o incremento de resíduos e as escassas possibilidades de dispor-lo corretamente, sem agredir a saúde humana e sem causar riscos ao meio ambiente é o grande desafio que se impõe segundo o mesmo autor.

Segundo Reichert (1999), o correto manejo dos resíduos sólidos é certamente um dos principais desafios dos centros urbanos neste início de milênio. Soluções isoladas e estanques que não contemplam a questão dos resíduos desde o momento de sua geração até a destinação final, passando pelo seu tratamento, mesmo sendo boas a princípio, não conseguem resolver o problema como um todo.

Antes de iniciar qualquer projeto que envolva tratamento de resíduos sólidos, é importante obter um raio-x do lixo, ou seja avaliar qualitativamente e quantitativamente o perfil dos resíduos sólidos gerados em diferentes pontos da região em estudo representado no quadro 01 permitindo assim estruturar melhor todas as etapas do projeto.

Quadro 1: Caracterização dos Resíduos Sólidos

Resíduos Compostáveis	Casca e bagaço de frutas, ervas daninhas, grama roçada, cinzas, folhas de árvores, pó de serra, restos de alimentos, hortaliças, legumes e ovos.
Resíduos Recicláveis (recuperáveis)	<p>Papel: caixa papelão, jornal, revistas, impressos em geral, fotocópias, rascunhos, envelopes, papel timbrado, embalagens longa vida, cartões, papel de fax.</p> <p>Vidro: garrafas de bebidas, vidros de conservas, frascos de remédios, cacos de embalagens, lâmpadas incandescentes.</p> <p>Plástico: embalagem de produtos de limpeza, garrafas plásticas, tubos e canos de pvc, potes de cremes e shampoos, baldes e bacias, restos de brinquedos, sacos, sacolas e sacos de leite.</p> <p>Metais: latinhas de cerveja e refrigerante, enlatados, objetos de cobre, alumínio, lata, chumbo, bronze, ferro e zinco.</p>

(continuação)

Resíduos não Recicláveis	Papel sanitário, lenço de papel, fraldas descartáveis, absorventes higiênico, copos descartáveis, papel carbono, fotografias, etiquetas e fitas adesivas, papéis plastificados, parafinados e metalizados. Cerâmicas, pratos, vidros pirex e similares; trapos e roupas sujas, couro e sapatos, isopor e acrílico, lâmpadas fluorescentes, espelhos, vidros planos, cristais e pilhas.
--------------------------	--

Fonte: Vilhena (1999:36-39) adaptada pelo autor.

Segundo Reis et al. (2000), um dos fatores fundamentais no sucesso de tratamento dos resíduos sólidos urbanos é a existência de programas de coleta diferenciada como: a coleta segregada que consiste na separação por tipo de material no momento da geração do resíduo e a coleta seletiva, utilizada para denominar a coleta de materiais recicláveis, apesar que exige um grande investimento em educação ambiental, uma vez que as pessoas passam a separar os resíduos em seus domicílios por conscientização. O objetivo principal de recolher junto aos geradores (domicílios, comércio e prestadores de serviços) e posteriormente encaminhar para a reciclagem e para compostagem a maior quantidade de materiais passíveis de reaproveitamento por meio de unidades de triagem, que recebem os resíduos sólidos coletados, fazem a separação, classificação, prensagem dos materiais e em alguns casos o beneficiamento de certos materiais para posterior venda, servindo de matérias-primas na fabricação de novos produtos reduzindo a quantidade de material a ser aterrado.

A descarga do lixo nas cidades de todo o mundo sempre representou sério problema à saúde pública e ao meio ambiente. Depósitos em áreas urbanas durante séculos tratados sem os devidos cuidados, sempre estiveram associados segundo James (1997) à propagação de doenças, seja diretamente via pessoas e animais coexistindo nestes locais, seja por meio da contaminação dos mananciais de água, dos solos e dos alimentos.

As formas de disposição mais conhecidas e utilizadas pela afirmação de D'Almeida (2000) dos resíduos sólidos urbanos são:

- **Lixões** : locais afastados do centro das cidades no qual são depositados no solo a céu aberto todos os tipos de resíduos coletados constituem na forma inadequada de descarga final dos resíduos sólidos urbanos, porém a mais comum na grande maioria das cidades dos países em desenvolvimento e, as conseqüências decorrentes do abandono do lixo a céu aberto é visível a população.
- **Aterro controlado**: é menos prejudicial do que os lixões pelo fato dos resíduos dispostos no solo serem posteriormente recobertos com terra, o que acaba por reduzir a poluição do local, porém trata-se de solução primária para a resolução do problema do descarte dos resíduos sólidos urbanos, mas não deve ser priorizado por não ser a técnica mais adequada para evitar danos ambientais.
- **Aterro sanitário**: é a alternativa que reúne as maiores vantagens considerando a redução dos impactos ocasionados pelo descarte dos resíduos sólidos urbanos, apresentando características como subdivisão da área de aterro em células de colocação de lixo; disposição dos resíduos no solo previamente preparado para que se torne impermeável, impossibilitando o contato dos líquidos residuais (água das chuvas e chorume⁷) com o lençol freático; presença de lagoas de estabilização para a biodegradação da matéria orgânica contida nos líquidos residuais; presença de drenos superficiais para a coleta da água das chuvas; drenos de fundo para a coleta do chorume e para a dispersão do metano, coleta-

⁷ Chorume – líquido de cor preta, mau cheiroso e de elevado potencial poluidor produzido pela decomposição da matéria orgânica contida no lixo.

res dos líquidos residuais em direção as lagoas de estabilização, confinamento do lixo em camadas cobertas com solo vegetal.

- **Incineração:** consiste na queima dos detritos em um incinerador ou usina de incineração, a temperaturas superiores a 900° C com vantagens do método podem-se citar a redução significativa do volume dos dejetos municipais (principalmente cinzas de compostos orgânicos e aglomerados inorgânicos solidificados), a diminuição do potencial tóxico dos dejetos e a possibilidade de utilização da energia liberada com a queima. O uso desta técnica no Brasil é bastante incipiente em torno de 30 municípios optaram por incinerar seus resíduos sólidos.

2.1.5 IMPACTOS AMBIENTAIS, ECONÔMICOS E SOCIAIS ASSOCIADOS À FALTA DE TRATAMENTO ADEQUADO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.

Segundo Pereira (1999) os impactos gerados pela falta de manejo do lixo urbano são bastante variados e envolvem aspectos sanitários, ambientais, econômicos e sociais.

- Os *impactos sanitários* são mais contundentes junto as populações gerando as chamadas doenças de saúde pública. Sabe-se que o lixo urbano é veiculador de doenças, propriedade que se torna mais intensa face à proliferação dos vetores biológicos (moscas, mosquitos, baratas, ratos) transmissores de bactérias e fungos de características patogênicas. O excesso de matéria orgânica (frutas, legumes, alimentos) presentes no lixo urbano constitui-se em habitat ideal para proliferação desses vetores, fato que aliado ao alto índice de desnutrição da população pobre do

país tem produzido conseqüências danosas, principalmente à população infantil. Dentre as doenças mais comuns associadas a falta de saneamento do lixo podem ser citadas a febre tifóide e paratifóide, a salmonelose, a giardíase, a ascaridíase e uma série de doenças intestinais, além da cólera, dengue e leptospirose.

- Os *impactos ambientais* se destacam na poluição dos solos e corpos hídricos (superficiais e subterrâneos) provocado por líquidos lixiviados como chorume, resinas e tintas. Em alguns casos a poluição pode ser irreversível, tanto para os aquíferos quanto para os mananciais de superfícies (córregos, rios, lagos), devido à dissolução de substâncias químicas, as quais não são retiradas nem mesmo pelos sistemas de tratamento de águas usuais no Brasil.
- Os *impactos econômicos* oriundos da falta de tratamento adequado de lixo urbano são perfeitamente visíveis, quando se considerar os gastos inúteis com tratamentos de saúde para a população carente e, esta voltará a se contaminar se não tiver melhorias efetivas do seu estado nutricional, caso o lixo da área onde moram não seja erradicado. Há também que considerar os custos requeridos para implementar a desativação de lixões e demais áreas de despejos clandestinos de resíduos sólidos urbanos. Em segundo plano se tem prejuízo devido à diminuição da produtividade do homem provocada pelas doenças e suas reincidências. Outro problema bastante comum é a desvalorização das terras próximas às áreas dos lixões, assim como a conseqüente redução de investimentos imobiliários.
- *Quanto aos impactos sociais* tem-se a prática condenável da cação de resíduos em ruas, avenidas, mercados, feiras e nos próprios lixões, realizada por homens, mulheres e crianças que vivem em condições sub humanas nessas áreas de despejos, em

contato com materiais contaminados e perigosos, caso do lixo tóxico e do lixo hospitalar. A própria crise econômica do país tem contribuído para que um contingente cada vez maior de pessoas seja obrigado a viver da prática de catação do lixo.

2.2 RECICLAGEM

Segundo Jardim (1995) reciclagem é o resultado de uma série de atividades por vias de materiais que se tornariam lixo ou estão no lixo e são desviados, sendo coletados, separados e processados para serem usados como matéria-prima na manufatura de bens feitos anteriormente apenas com matéria-prima virgem. Traz benefícios como a diminuição da quantidade de lixo a ser aterrada (conseqüentemente aumenta a vida útil dos aterros sanitários); preservação de recursos naturais, economia de energia na produção de novos produtos, diminuição dos impactos ambientais, novos negócios e geração de empregos diretos e indiretos através da criação de indústrias recicladoras. A reciclagem não pode ser vista como a principal solução para o lixo, é uma atividade econômica que deve ser encarada como um elemento dentro de um conjunto de soluções.

2.2.1 HISTÓRICO DA RECICLAGEM

Segundo Taguchi (2001) a reutilização e reciclagem são práticas bastante antigas, os “sucateiros” da antiguidade recolhiam espadas nos campos de batalha para fazer novas armas. As cidades não possuíam serviços públicos de coleta de lixo e em São Paulo foi só em 1869 que a Câmara Municipal resolveu contratar carroceiros para recolher o lixo das casas.

A partir do final da década de 70 segundo Wells (1997) as primeiras ações de reciclagem de lixo associadas a programas de coleta seletiva começaram a surgir no país, sendo que a prefeitura de Pindamonhangaba, no Estado de São Paulo foi pioneira com uma experiência implantada em 1978, e a coleta era realizada com apoio de charretes a tração animal.

Segundo Pereira (2000) a reciclagem já é utilizada no Brasil e em várias partes do mundo pelas indústrias de transformação, onde um programa bem conduzido tende a desenvolver na população uma nova mentalidade sobre questões que envolvem a economia e a preservação ambiental, o cidadão acondicionando corretamente o lixo de sua residência passa a se colocar como peça integrante de todo um sistema de preservação do meio ambiente bem maior e mais concreto do que um mero espectador de todas as campanhas comumente veiculadas em favor da preservação de sua própria espécie.

2.2.2 IMPORTÂNCIA DA RECICLAGEM

Segundo Jardim (1995) o maior objetivo de um programa de reciclagem é o componente ambiental por meio da exploração em menor escala dos recursos naturais diante do aproveitamento de materiais recicláveis como matéria-prima de um novo processo de industrialização, além de diminuir o lixo acumulado. Os indicativos do tempo que a natureza leva para decompor materiais recicláveis como: jornais de 2 a 6 semanas; embalagens de papel de 1 a 4 semanas; sacos e copos de plásticos 200 a 450 anos; latas de alumínio 100 a 500 anos; garrafas e vidros tempo indeterminado, somam prejuízos incalculáveis se ficarem na natureza. O retorno econômico - financeiro das iniciativas de reciclagem e reutilização de material reciclado segundo James (1997), no processo produtivo é a principal motivação para a indústria de embalagens. Segundo D'Almeida (2000), para cada tonelada de papel reciclado são poupadas aproximadamente 20 árvores que além da preservação das florestas proporcionam uma economia de energia em torno de 70%, com o plástico chega-se a

50%, portanto, além do retorno em termos ecológicos temos também economia de energia e água na produção; também tem vários materiais recicláveis que geram atividade artesanal, possibilitando que inúmeras pessoas tenham o sustento por meio da confecção e comércio desses adornos, brinquedos, acessórios feitos por exemplo com plásticos de garrafas.

Segundo Vilhena (1999) a reciclagem tem sido responsável pela criação de muitos negócios novos, onde a ABIMAQ - Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos e o CEMPRE – Compromisso Empresarial para Reciclagem promoveram levantamentos que mostrou a existência de 510 empresas que atuam como fabricantes de equipamentos para reciclagem ou como estabelecimentos que compram e vendem materiais recicláveis. Juntos esses negócios têm conseguido criar centenas de novos empregos com investimento relativamente baixo favorecendo principalmente a população com menor qualificação profissional.

2.3 COMPOSTAGEM

A compostagem, afirma Campbell (1999), é uma técnica praticada pelos agricultores e jardineiros ao longo dos séculos. Restos de vegetais, estrume, restos de cozinha e outros tipos de resíduos orgânicos são amontoados em pilhas em local conveniente e deixados decompondo-se até estarem prontos para serem devolvidos ao solo ou até que o agricultor necessite melhorar a fertilidade do solo.

Segundo D’Almeida (2000) dá-se o nome de compostagem ao processo biológico de decomposição da matéria orgânica contida em restos de origem animal ou vegetal tendo como resultado final um produto - composto orgânico - que pode ser aplicado ao solo para melhorar suas características sem ocasionar riscos ao meio ambiente.

O vocabulário inglês “compost”, segundo Kiehl (1985), deu origem a palavra composto para indicar o fertilizante e aos termos compostar e compostagem para indicar a ação ou ato de preparar o adubo. Pessoas que trabalham ou comercializam o composto vêm empregando a denominação composto orgânico para este fertilizante, a expressão apesar de redundante, vem se popularizando por ser uma técnica idealizada para se obter mais rapidamente e em melhores condições a desejada estabilização da matéria orgânica. Na natureza, essa estabilização ou humificação se dá em prazo indeterminado, ocorrendo de acordo com as condições em que ela se encontra. A obtenção da compostagem consiste, em linhas gerais, no seguinte: a) utilizar matérias-primas que contenham um balanço em relação carbono/nitrogênio favorável ao metabolismo dos organismos que vão efetuar sua biodigestão; b) facilitar a digestão dessa matéria-prima dispondo-a em local adequado, de acordo com o tipo de fermentação desejada, se aeróbia ou anaeróbia, controlando a umidade, a aeração, a temperatura e os demais fatores, conforme cada caso requer.

Para Francisco Neto (1995) a compostagem é o processo de transformação de materiais grosseiros como palhas e estrume, em materiais orgânicos utilizáveis na agricultura. Este processo envolve transformações extremamente complexas de natureza bioquímica promovidas por milhões de organismos do solo que tem na matéria orgânica *in natura*, sua fonte de energia, de nutrientes minerais e carbono. De modo semelhante, Lindenberg (1992) considera a compostagem como um processo biológico de decomposição da matéria orgânica contida em restos de origem animal ou vegetal, e tendo como resultado final um produto - composto orgânico - que pode ser aplicado ao solo para melhorar suas características, sem ocasionar riscos ao meio ambiente e sendo um método natural por meio do qual os materiais normalmente considerados como lixo orgânico é transformado em material humificado, de cor escura e cheiro agradável, isento de sementes de ervas daninhas ou de microrganismos causadores de doenças em plantas.

Em termos científicos segundo Koepf (1976) a compostagem pode ser definida como sendo uma decomposição aeróbica de substratos orgânicos

em condições que permitam atingir temperaturas suficientemente elevadas. O aumento de temperatura surge como resultado da liberação de calor na degradação biológica dos resíduos orgânicos. O resultado deste processo é um produto final suficientemente estabilizado que pode ser aplicado no solo com várias vantagens sobre os fertilizantes químicos de síntese a que se dá o nome de composto.

2.3.1 HISTÓRICO DA COMPOSTAGEM

Segundo Lindenberg (1992) os primeiros relatos sobre compostagem datam da antiguidade. Os índios Maias, na América, por exemplo, ao plantar milho, colocavam um ou mais peixes no fundo da cova oferecendo-os aos deuses e com isso realizavam, sem saber, uma adubação orgânica com matéria prima de fácil decomposição e rica em nutrientes. Já no Oriente, a compostagem se dava pela restituição ao solo dos restos de cultura e pela incorporação de estercos de animais.

Segundo diversos autores citados por ALVES (1996) sobre o desenvolvimento do processo de compostagem poderia ser apresentado da seguinte forma:

- 1843: AMÉRICA - George Bommer desenvolveu um processo para decomposição de resíduos agrícolas que fazia a recirculação de chorume e ficou conhecido como “Bommer method of making manure”;
- 1888: BRASIL - Dafert, o primeiro diretor do IAC⁸ incentivou pela primeira vez os agricultores a produzirem adubos classificados como “estrumes nacionais”, uma vez que os adubos minerais eram importados;

⁸ IAC – Instituto Agrônomo de Campinas.

- 1920: INDIA - Albert Howard, na cidade de INDORE criou o método que levou esse nome, o qual utilizava-se de estrumes animais e resíduos vegetais em pilhas que atingiam elevadas temperaturas. O processo durava 06 meses e eram feitos apenas 02 revolvimentos;
- 1953: E.U.A. - Universidade da Califórnia. Experimentos com compostagem de lixo confirmaram a influência de fatores como microrganismos, umidade, aeração e temperatura no processo;
- 1954: DINAMARCA - Dano Corporation desenvolveu o primeiro processo Dano⁹;
- 1955: Processo DANO evoluiu para um digestor mecânico conhecido como bioestabilizador¹⁰, constituindo-se em um dos processos mais utilizados no mundo todo;
- 1970: E.U.A. - Em Beltsville, desenvolveu-se o sistema de compostagem por aeração forçada “pilhas estáticas aeradas” especificamente para o tratamento de lodo de esgoto doméstico. Inicialmente utilizava-se um sistema de sucção do ar e a partir de 1981 passou-se a utilizar a injeção de ar. Posteriormente, este método foi adaptado para a compostagem de lixo urbano.

⁹ Processo Dano: Compreende as fases de recepção, triagem manual, seleção eletromagnética, bioestabilização, peneiramento e cura do composto. O controle da umidade e aeração se dá com jatos de ar ao longo do cilindro e em sentido contrário ao caminhamento da massa. A desintegração dos resíduos é obtida pela abrasão entre as partículas em rotação e por atividade microbiológica. Tempo de retenção de 3 a 5 dias.

¹⁰Bioestabilizador é um cilindro metálico rotativo de até 30m de comprimento com 3,5m de diâmetro. O cilindro gira constantemente com baixa rotação (1 rotação a cada 5 minutos), levemente inclinado na horizontal

2.3.2 IMPORTÂNCIA DA COMPOSTAGEM

Para Kiehl (1985), a compostagem tem a função de transformar material orgânico em substância humificada, estabilizada com propriedades e características completamente diferentes do material que lhe deu origem.

Segundo Primavesi (1992) na agricultura ecológica, a compostagem tem como objetivo transformar matéria vegetal muito fibrosa como palhada de cereais, capim já “passado”, sabugo de milho, casca de café e arroz; em dois tipos de compostos: incorporação e cobertura de solo (mulche). O processo de fermentação bacteriana que ocorre na compostagem tem como resultado como afirma Francisco Neto (1995) a:

- Diminuição do teor de fibra, o que, no caso do composto “de incorporação”, permite sua introdução no solo sem a indesejável fixação de nitrogênio;
- Destruição de sementes de ervas daninhas e patógenos;
- Degradação de substâncias inibidoras do crescimento vegetal existente na palha e *in natura*.

Para Jahnel (1997) uma das funções da compostagem é transformar os restos de podas de parques e jardins num excelente composto para ser utilizado em hortas, na produção de mudas, ou para ser comercializado como adubo para plantas ornamentais.

De acordo com Silva (2000) a compostagem tem como função eliminar metade do problema dos resíduos sólidos urbanos, dando um destino útil aos resíduos orgânicos, evitando a sua acumulação em aterro e melhorando a estrutura do solo, devolvendo a terra os nutrientes de que necessita, aumentando a sua capacidade de retenção de água, permitindo o controle da erosão e evitando o uso de fertilizantes sintéticos. Este processo permite tratar os re-

síduos orgânicos domésticos (restos de comida e resíduos de jardim) bem como os resíduos provenientes da limpeza de jardins e parques públicos.

Segundo Vailati (1998) as questões positivas e negativas dos impactos decorrentes da compostagem dos resíduos sólidos urbanos são importantes para o conhecimento dos executores de qualquer projeto para que seja assegurada a preservação do meio ambiente, melhoria nas condições de saneamento e benefícios a população envolvida com o processo.

Os impactos ambientais da compostagem constituem-se na redução dos resíduos sólidos orgânicos de origem animal e vegetal que deixam de gerar gases e maus odores, líquidos percolados, atrair animais vetores como as moscas, ratos e baratas que passam a viver, alimentam-se e proliferam-se nos restos orgânicos e são normalmente vetores de doenças humanas como: tifo, leptospirose, peste bubônica, diarréias infantis e outras igualmente perigosas. Por meio da compostagem os resíduos orgânicos são decompostos, tornando disponível os nutrientes para as plantas. Segundo Figueiredo (2001) a agricultura está dando ênfase ao aproveitamento e a preservação dos recursos naturais provenientes da sua atividade ou seja, utilizando melhor os recursos próprios principalmente os resíduos orgânicos provenientes das atividades agropecuárias e agroindustriais.

Para Jahnel (1997), inúmeras são as vantagens da aplicação do composto no solo:

- O composto possui nutrientes minerais como nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre que são assimilados em maior quantidade pelas raízes além de ferro, zinco, cobre, manganês, boro e outros que são absorvidos em quantidades menores e por isto, denominados de micro nutrientes.
- Quanto mais diversificados os materiais com os quais o composto é feito, maior será a variedade de nutrientes que poderá suprir. Os nutrientes do composto, ao contrário do que ocorre com os

adubos minerais são liberados lentamente, realizando a tão desejada “adubação de disponibilidade controlada”.

- O composto melhora também a saúde do solo. A matéria orgânica compostada se liga às partículas (areia, limo e argila), formando pequenos grânulos que ajudam na retenção e drenagem da água e melhoram a aeração. Além disso, a presença de matéria orgânica no solo aumenta o número de minhocas, insetos e microrganismos desejáveis, o que reduz a incidência de doenças de plantas.
- A matéria orgânica neutraliza ainda várias toxinas e imobiliza metais pesados, tais como cádmio e chumbo, diminuindo a absorção destes metais prejudiciais às plantas. A matéria orgânica do composto funciona também como uma solução tampão ou seja, impede que o solo sofra mudanças bruscas de acidez ou alcalinidade.

O manejo do esterco e de outros materiais orgânicos e, onde colocá-los pode ser tão importante quanto à quantidade utilizada, em função do composto orgânico fornecer nutrientes aos fungos e bactérias, que os armazenam em seus próprios organismos, evitando que a chuva e os processos que ocorrem no solo liberem essas substâncias para a atmosfera. Quando o composto é usado em torno das raízes, os nutrientes são liberados lentamente, de acordo com as necessidades das plantas. Quando os ingredientes para o composto são mal utilizados desperdiça-se um precioso poder de fertilização. De acordo com estudos feitos pela Agência de Proteção Ambiental em 1985 aproximadamente, metade do valor fertilizante do esterco pode se perder em quatro dias se, por exemplo, for deixado numa fina camada sobre o solo. (Weid:1987).

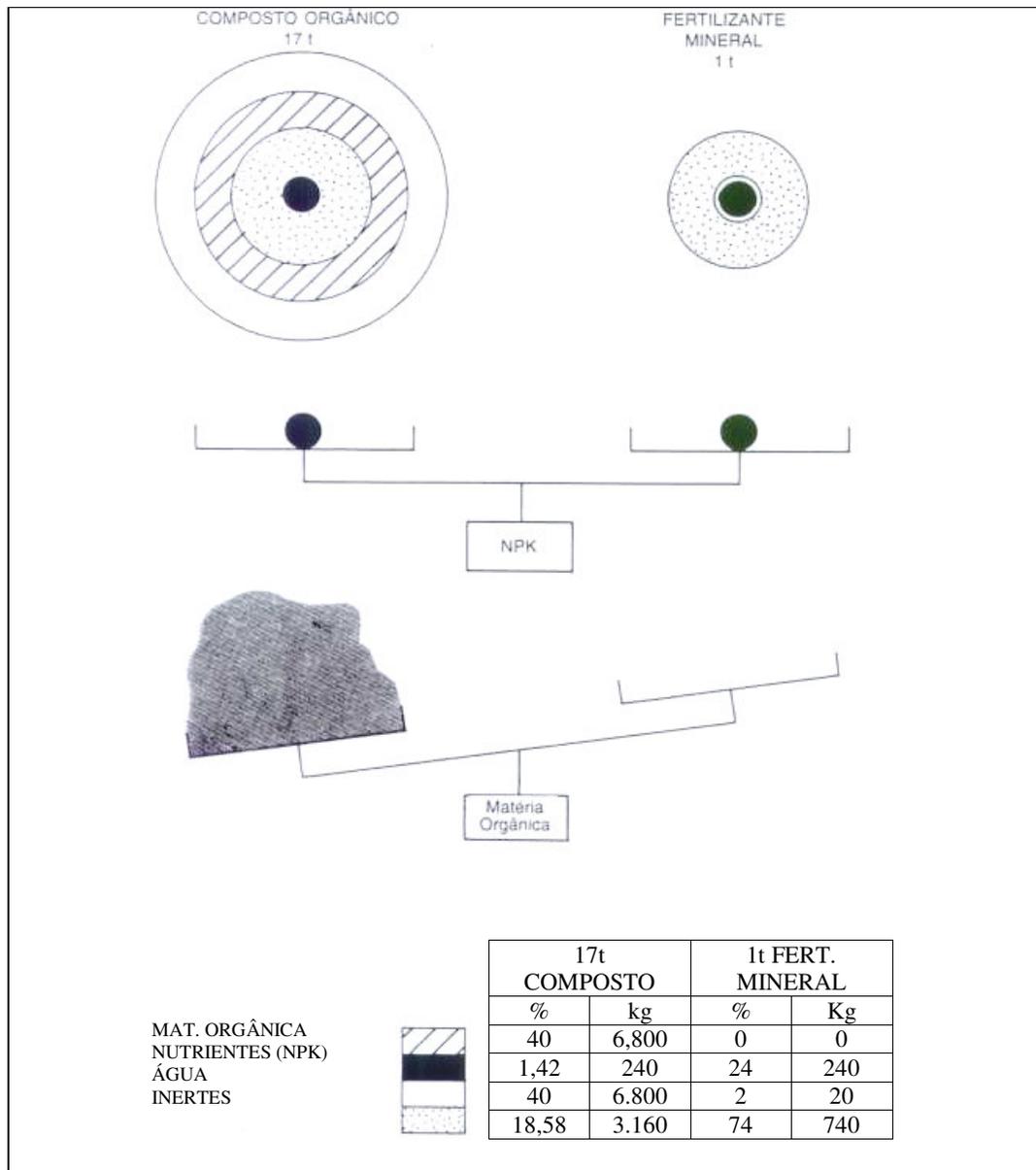
Quanto aos *impactos econômicos* como afirma D’Almeida (2000) no contexto brasileiro, a compostagem tem grande importância, uma vez que cerca de 50% do lixo municipal é constituído por material orgânico. As principais vantagens da compostagem no âmbito econômico são as reduções nos inves-

timentos para a instalação dos aterros sanitários causados pela diminuição da quantidade de resíduos sólidos, o aproveitamento agrícola da matéria orgânica, a reciclagem de nutrientes para o solo reduzindo os custos da produção agrícola, a economia de tratamento de efluentes. A busca por uma alternativa de vida saudável tem provocado uma maior procura pelos alimentos produzidos sem o uso de agrotóxicos. Segundo Bahia (2000), em razão disso, abre-se um mercado cada vez maior para os produtos orgânicos, inclusive para exportação. Muitas instituições públicas e bancos privados, estão atentos para estas tendências.

Segundo Kiehl (1998), uma maneira de estabelecer o valor do composto orgânico se baseia no conteúdo em matéria orgânica utilizando-se como referência, os preços de seus concorrentes, os esterços de curral ou de granja. Uma outra maneira que tem sido proposta para essa finalidade baseia-se no conteúdo de macro nutrientes primários (NPK) contidos no fertilizante mineral e no composto. Para efeito de comparação foi adotado a fórmula: NPK 12-6-6 que representa uma fórmula comercial que mantém proporcionalidade com os valores médios observados para os teores correspondentes nas amostras de composto orgânico. Considerando-se as relações entre os conteúdos destes nutrientes presentes no composto orgânico e no fertilizante comercial, a equivalência de massa média é de 17:1. Uma ilustração dessa equivalência é mostrada na figura 01.

Para Pereira (1999), o composto orgânico não tem e dificilmente terá problema de mercado no Brasil, pois, são várias as opções de uso para este produto. É importante destacar que segundo ele, a prefeitura, no caso de sistemas municipais, deverá ser o primeiro usuário do composto. Os usos mais comuns para o composto orgânico apontando impactos positivos são hortas, hortos e viveiros, agricultura em geral, fruticultura, floricultura, programas de paisagismo, parques, jardins, programas de reflorestamento, controle de erosão, recuperação de áreas degradadas, recuperação vegetal dos solos exauridos, controle de doenças e pragas agrícolas, cobertura e vegetação de aterros e produção de fertilizantes.

Figura 1: Equivalência do composto orgânico em relação ao fertilizante mineral.



Fonte: D'Almeida (2000).

Os *impactos sociais* envolvem a população que passa a se conscientizar do seu poder e dever de separar o lixo segundo Wagner (1998), contribuindo assim mais ativamente com os programas ambientais e do recolhimento de resíduos sólidos orgânicos para a compostagem, sabendo que terá como adquirir fertilizante orgânico para sua horta e jardim a custo reduzido.

Nas escolas a divulgação é feita por intermédio de disciplina específica conforme determina a nova L.D.B (Lei das Diretrizes Brasileiras – Lei nº 9.394/96) e de acordo com os PCNs (Parâmetros Curriculares Nacionais).

Afirma Reis et al. (2000) que para a população em geral (com ênfase maior para as empregadas domésticas, zeladores e afins), aborda-se, o que deve ser separado, quais os dias e horários de coleta, formas de acondicionamento, etc. Desenvolve-se variáveis para estudos qualitativos e quantitativos de materiais orgânicos, e manejo dos resíduos orgânicos pelo município. A partir do momento em que há envolvimento com a questão, desperta-se o interesse e estímulo das pessoas para entrar em contato com pesquisadores de conhecimento cultural mais elevado.

2.3.3 CARACTERÍSTICAS DOS RESÍDUOS SÓLIDOS PARA COMPOSTAGEM

Os resíduos sólidos poderão produzir bons compostos desde que cuidadosamente selecionados. Assim, donas de casa deverão possuir pelo menos duas lixeiras, uma para material rigorosamente orgânico e outra para aquele não aproveitável. Para Francisco Neto (1995), as prefeituras que compostarem o seu lixo deverão manter uma rigorosa triagem dos dejetos urbanos, pois estes contêm substâncias altamente poluentes.

Segundo Kiehl (1985) com relação a compostagem, os componentes do lixo podem ser divididos em materiais biologicamente decomponíveis, com cerca de 50% de material orgânico e, mais os inorgânicos separados por catação manual ou peneiração. Quanto à utilização o lixo apresenta três tipos de componentes: resíduos compostáveis; rejeitos recuperáveis ou recicláveis, os quais deverão ser separados e os rejeitos desprezíveis que são encaminhados para aterros sanitários ou para incineradores. Para que a fração orgânica do lixo seja destinada a compostagem, é importante observar algumas características segundo o autor:

- pH - normalmente é ácido, sendo que o ideal é estar próximo da neutralidade;
- Relação C/N – os teores de carbono (C) e nitrogênio (N) devem ter a relação da ordem de 30/1;
- Granulometria - o resíduo deve ter granulometria adequada para o processo, para garantir boa aeração das leiras. As dimensões de partícula devem atingir 1,2cm x 5cm. Excesso de finos pode acarretar produção de chorume e formação de torrões;
- Umidade - deve estar entre 40 e 60% para possibilitar boa aeração.
- Materiais indesejáveis - deve-se evitar dois tipos de material: o que pode prejudicar a qualidade do produto como cacos de vidro e pilhas, e o que pode prejudicar o processo, como o excesso de plástico.

Os materiais orgânicos que podem ser compostados classificam-se de uma forma simplificada em castanhos e verdes (quadro O2). Os castanhos são aqueles que contém maior proporção de carbono como palha, serragem e folhas secas, e os verdes são os de maior proporção de nitrogênio, como restos de cozinha e folhas frescas. Para que a compostagem decorra de uma forma melhor, convém ter a maior diversidade de resíduos possível, numa proporção aproximadamente igual dos castanhos e verdes.

Quadro 2: Caracterização de resíduos animais e vegetais

Verdes	Castanhos
Cascas de batata	Feno
Legumes	Palha
Hortaliças	Aparas de madeira e serragem
Cascas de frutas	Ervas daninhas de jardins
Cascas de frutos secos	Folhas de árvores
Borras de café	Pequenos galhos triturados
Restos de pão	Cinzas de madeira
Arroz	Esterco
Massa	
Cascas de ovos	
Folhas e sacos de chá	
Cereais	
Restos de comida cozida	

Fonte: Kiehl (1985) adaptada pelo autor.

Campbell (1999) chama a atenção para o fato de não ser aconselhável juntar carne, peixe, ossos, laticínios e gorduras aos materiais orgânicos do lixo porque podem atrair animais indesejáveis. Restos de animais também não devem ser compostados, porque podem conter microrganismos patogênicos que podem sobreviver ao processo de compostagem. Os resíduos de jardim tratados com pesticidas também não devem ser compostados, tal como plantas com doenças.

Para Grossi (1993), *apud* Alves (1996), os diversos componentes da matéria orgânica apresentam diferenças quanto a suscetibilidade à degradação, sendo que componentes como açúcares e proteínas são rapidamente degradados, enquanto outros como celulose e lignina necessitam de períodos longos para que os microrganismos consigam degradá-los.

2.4 USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM

Uma usina de processamento de resíduos sólidos é um equipamento intermediário de limpeza pública. São equipamentos eletromecânicos com a finalidade de facilitar a separação dos materiais do lixo por potência manual.

As usinas de triagem e compostagem muitas vezes qualificadas como galpões de triagem podem variar bastante seu *lay-out* de acordo com o esquema de recebimento e separação dos recicláveis. Como não existe um padrão estático, as etapas clássicas segundo Reichert (1999) são: recebimento/estocagem, separação (em esteiras, silos ou mesas/bancadas) e prensa-gem/enfardamento (anexo 03).

As instalações de uma usina de triagem e compostagem podem ser agrupadas em 06 setores conforme descrição:

- 1º Setor - recepção e expedição: compreende as instalações e equipamentos de controle dos fluxos de entrada (resíduos, insumos, etc.) e saída (composto, recicláveis, rejeitos).
- 2º Setor - triagem: é onde se faz a separação das diversas frações do resíduo.
- 3º Setor - pátio de compostagem: é a área onde a fração orgânica do lixo sofre decomposição microbiológica transformando-se em composto.
- 4º Setor - beneficiamento e armazenagem de composto: consiste em peneirá-lo retirando-se materiais indesejáveis, dando-lhe menor granulometria e tornando-o manuseável para o agricultor.
- 5º Setor - aterro de rejeitos: os materiais volumosos e os rejeitos da seleção do lixo e do beneficiamento do composto devem ser encaminhados a um aterro de rejeitos. Esse aterro deve ser com-

patível com as características do rejeito e ter sua localização aprovada por órgãos responsáveis pelo meio ambiente.

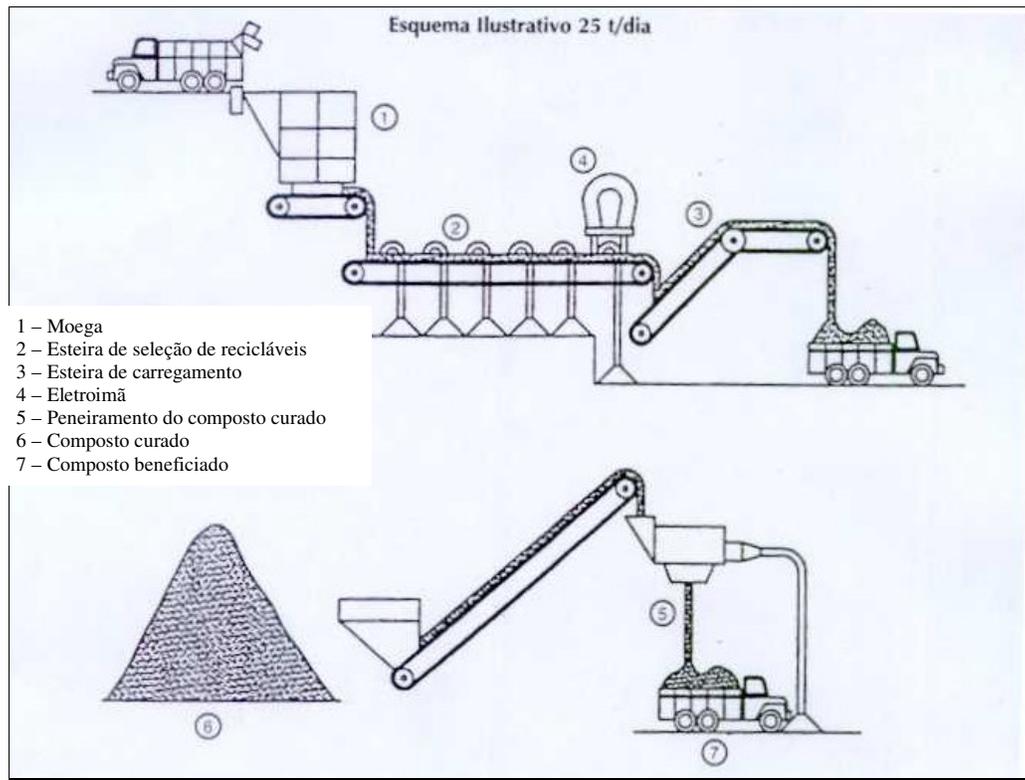
- 6º Setor - sistema de tratamento de efluentes: recebe e trata as águas com resíduos da lavagem dos equipamentos da usina, da lavagem de veículos e os líquidos provenientes do pátio de compostagem e do aterro de rejeitos quando este estiver localizado na mesma área. Os efluentes de usinas de compostagem têm características similares ao chorume originado em aterros sanitários, porém mais diluídos.

2.4.1 ALTERNATIVAS DE USINA EM FUNÇÃO DA QUANTIDADE DO LIXO

Há uma série de fatores que devem ser considerados para instalação de uma usina de triagem e compostagem segundo D’Almeida (2000) algumas recomendações no âmbito industrial, em função da quantidade de lixo gerado e coletado devem ser seguidas:

- *Usinas para processamento de até 25 t/dia:* é bem simples e pequena, e está esquematizada na figura 02. Descarrega-se o lixo diretamente numa moega, que alimenta a esteira de triagem de onde retiram os recicláveis. Deve haver um dispositivo magnético no final da esteira para remover metais. Os resíduos não separados rico em material orgânico, vão para o pátio de compostagem, onde deverá permanecer por cerca de 90 dias em leiras revolvidas periodicamente; denominado compostagem artesanal.

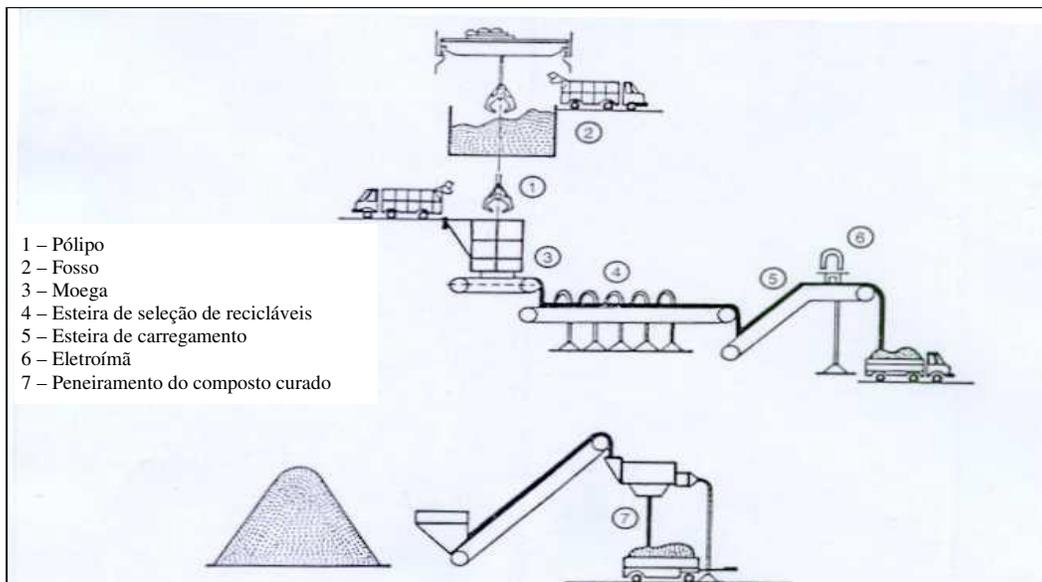
Figura 2: Esquema de uma usina de triagem e compostagem 25t/dia



Fonte: IPT (1993).

- Usinas para processamento com cerca de 50 t/dia: é uma usina um pouco maior que a anterior conforme ilustração da figura 03. Neste caso, a recepção consta de um fosso que serve como pulmão que alimenta, por meio de um pólipo com braço articulado ou outro tipo de transportador, uma moega, que por sua vez, alimenta a esteira de triagem; denominado no processo de compostagem com reviramento mecânico.

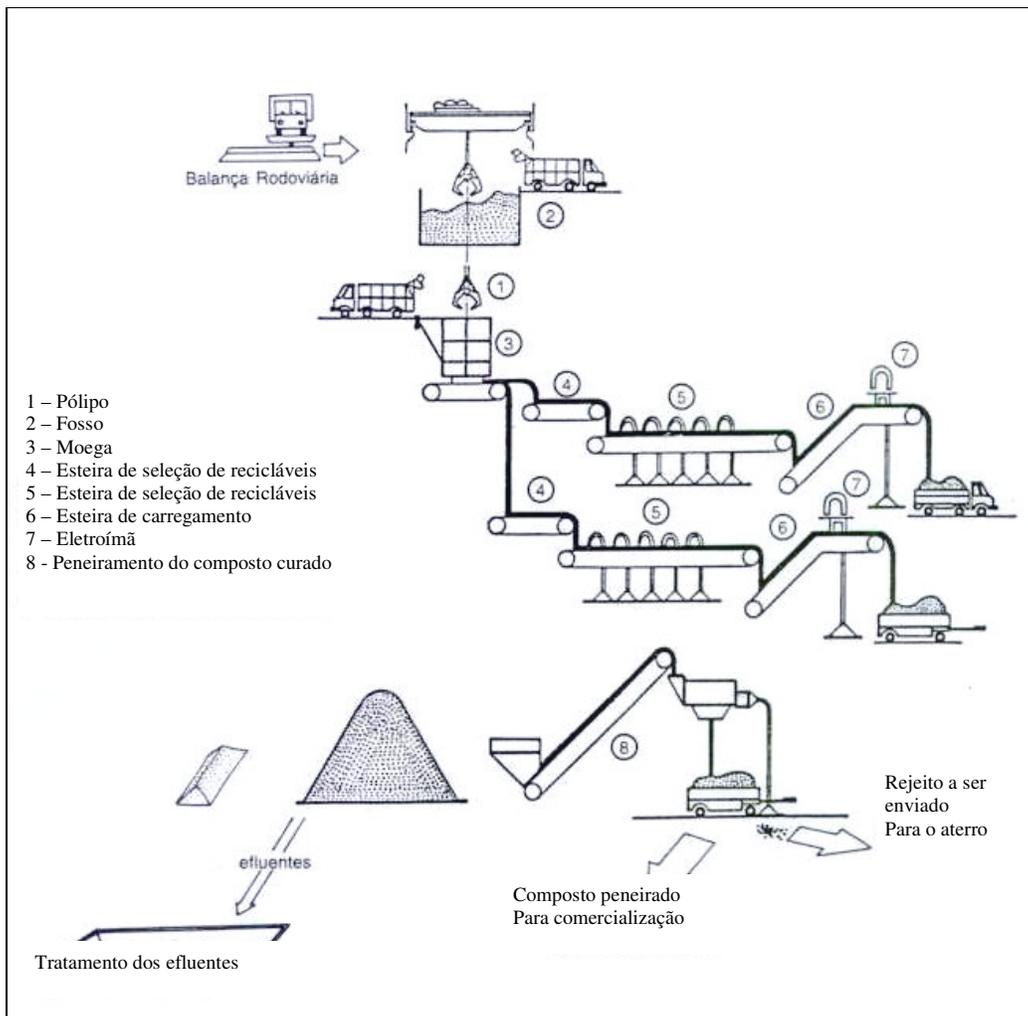
Figura 3: Esquema de uma usina de triagem e compostagem com cerca de 50t/dia



Fonte: IPT (1993).

- *Usinas para processamento de mais de 100 t/dia:* Os equipamentos são os mesmos do caso anterior, mas a linha de triagem é duplicada, observe a ilustração da figura 04. Com isso, evita-se a necessidade de esteiras excessivamente compridas e tem-se a vantagem da não paralisação total no caso de problemas em uma das linhas. São as pilhas estáticas com aeração forçada.

Figura 4: Esquema de usina de triagem e compostagem de mais de 100t/dia.

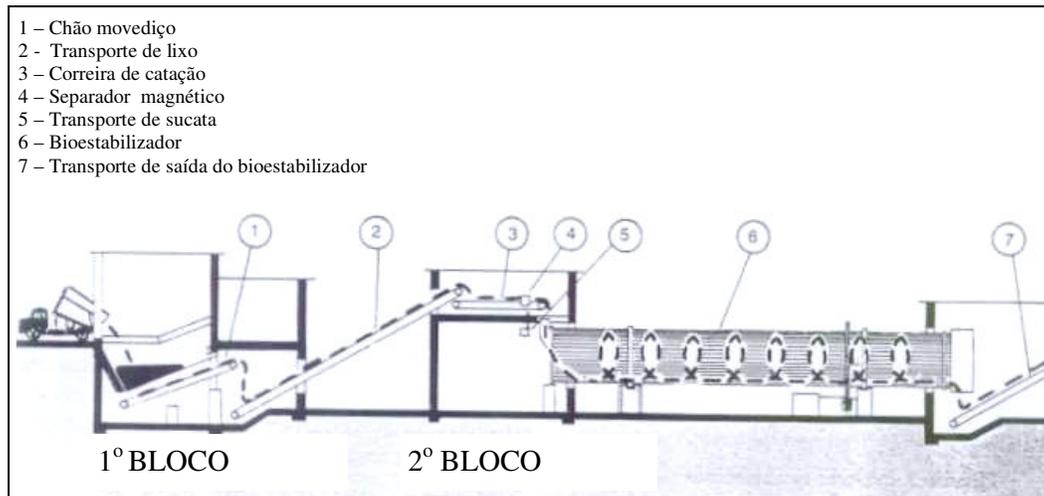


Fonte: IPT (1993).

- *Usinas para processamento acelerado:* o procedimento difere da compostagem natural pela presença de um digestor ou reator, também denominado bioestabilizador. Equipamentos com características e metodologia especiais são encontrados na usina de compostagem acelerada. O digestor é um equipamento fundamental, onde o resíduo avança no sentido contrário da corrente de ar, e tem as seguintes funções: por meio das rotações e dos tombamentos do lixo em seu interior, mistura mecanicamente e continuamente os componentes mais leves com mais pesados,

mais secos com mais úmidos, tritura ou esfacela os componentes frágeis. Caracterizadas no processo de compostagem como recintos fechados com aeração forçada como ilustra a figura 05.

Figura 5: Esquema de uma usina de compostagem acelerada.



Fonte: IPT (1993).

2.4.2 VANTAGENS DA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM

Como afirma Bley Jr. (2001), a grande justificativa de construir usinas reside nas vantagens diretas de saneamento com redução de volumes a aterrar torna-se uma opção essencial dos administradores públicos que através da adoção do processamento em usina de triagem e compostagem configura-se como uma saída segura e de longo prazo. Outra vantagem é o acesso aos materiais na forma de sucatas que depois de classificados e descontaminados das impurezas seguem para a reciclagem abrindo novo ciclo econômico para as matérias primas que seriam aterradas e, principalmente, a redução de impactos ambientais, visto que a geração de líquidos percolados, provocando potenciais impactos hídricos, a geração de gases, a proliferação de animais vetores, igualmente degradam as condições ambientais dos locais de disposição final e em volta desses locais também. A redução da poluição ambiental

para a produção de bens, recuperação de solos, etc. Segundo Pereira (1999) os custos de implantação e os benefícios obtidos com as alternativas das unidades de triagem e compostagem podem ser verificados na tabela 01 que caracteriza um município de pequeno porte.

Tabela 1: Características de uma unidade de triagem e compostagem e do aterro de rejeitos para comunidades de 10.000 Habitantes

Módulos Básicos da Unidade	Prédio para administração. Recepção de lixo e triagem. Depósito para os recicláveis. Pátio de compostagem. Aterro de rejeitos.	
Área de Projeto em m ²	Construções Pátio para compostagem Projetos agregados Aterro de rejeitos	250 m ² 3.500 m ² 500 m ² 600 m ²
Equipamentos e Obras Civas (custo US\$)	Bica de Alimentação Esteira de triagem Prensa hidráulica Obras civis	1.200 2.800 8.000 35.000
Custo Operacional (Mensal US\$)	Salários, encargos, energia, água e manutenção de 10 funcionários.	4.200
Benefícios	Extinção do lixão do município, tratamento médio mensal de 18 toneladas de resíduos urbanos, produção média mensal: (06 toneladas de composto orgânico, 2,5 toneladas de recicláveis, 04 toneladas de rejeitos), geração de 10 empregos diretos e 50 indiretos, melhorias sanitárias, ambientais, econômicas e sociais.	

Fonte: Pereira (1999), adaptado pelo autor.

3. PROCEDIMENTOS PARA APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Neste capítulo aborda-se os procedimentos para promover o aproveitamento de resíduos sólidos urbanos utilizando-se da pesquisa realizada e sua estrutura de investigação, tendo como base dados relativos ao tratamento e destinação desses resíduos sólidos urbanos, utilizando-se do método dedutivo, o qual segundo Medeiros (2000) caracteriza a busca de informações por meio de dados secundários (bibliografias e documentos).

3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Quando as administrações municipais optam por alguma alternativa para aproveitamento de resíduos sólidos urbanos, não encontram informações seguras que venham a auxiliar no sentido de orientar os passos a serem dados para formular um sistema adequado para cada situação. Muitas vezes o poder executivo monta projetos para compra de usinas de reciclagem por exemplo, sem deter-se em uma análise técnica e/ou econômica detalhada. No Brasil observa-se várias iniciativas que utilizam o método de tentativas, mas alguns programas após serem implantados são desativados, outros operam com um cus-

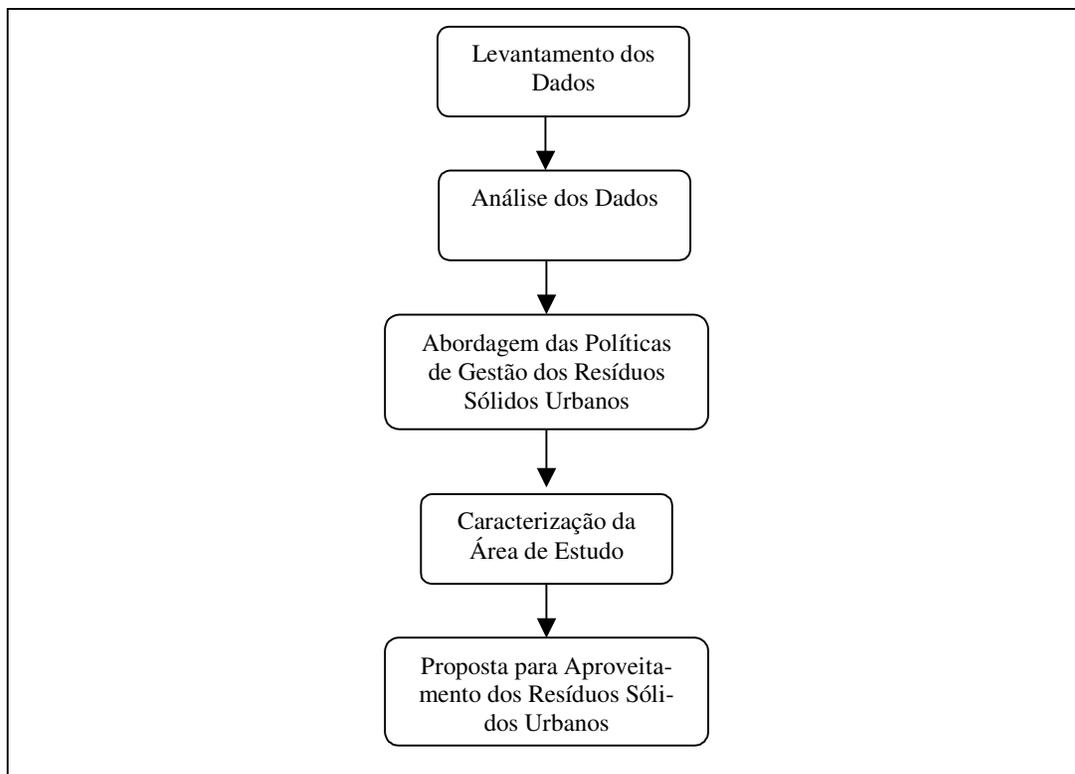
to muito alto e algumas iniciativas adequam-se para a situação em que foram implantadas.

Em função disso, este estudo se desenvolve no sentido de elaborar procedimentos para promover o aproveitamento de resíduos sólidos urbanos, priorizando fornecer aos responsáveis pela administração pública subsídios para que desenvolvam as atividades ligadas a triagem e compostagem dos resíduos sólidos urbanos de forma técnica e planejada.

3.2 METODOLOGIA DO TRABALHO

No caso específico desta pesquisa, os procedimentos seguem a estrutura apresentada na figura 06:

Figura 6: Procedimentos para Aproveitamento de Resíduos Sólidos



Fonte: Próprio Autor.

3.2.1 LEVANTAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Destina-se investigar a situação relativa da produção, coleta, transporte e destinação final dos resíduos sólidos urbanos; a existência de projetos e programas, sejam de segregação, coleta seletiva, reciclagem e outros junto a órgãos municipais, estaduais e federais. Quanto a análise, esta objetiva diagnosticar a situação em que se encontra as iniciativas existentes, comparando o que já existe implantado e o que pode ser melhorado dentro dos projetos previstos em lei. O mais importante dentro da análise é permitir que se chegue a uma alternativa de aproveitamento compatível com a situação diagnosticada da área de estudo.

3.2.2 VERIFICAÇÃO DAS POLÍTICAS DE GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS.

Este item tem como objetivo buscar e compreender a importância dada aos resíduos sólidos, mostrar as várias iniciativas que já foram realizadas mediante projetos de lei. Sabe-se que a coleta, transporte e destino final dos resíduos sólidos são atividades tipicamente municipais constituindo um ramo importante do saneamento ambiental, do qual é tratado de forma integrada e fazendo parte de um plano diretor municipal de saneamento e meio ambiente. Desde 1981 o Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA instituiu a primeira lei¹¹ sobre aproveitamento dos resíduos sólidos, onde considera que a reciclagem dos resíduos sólidos deve ser incentivada, facilitada e expandida no país, para reduzir o consumo de matérias-primas, recursos naturais não renováveis, energia elétrica e água. Existem muitas outras resoluções como:

¹¹ Lei nº 6.938 de 31.08.81, disposto na Lei nº 9.605 de 12.02.98 e no Decreto nº 3.179 de 21.09.99 – CONAMA.

- A Resolução CONAMA nº 258 de 30.06.99 aprova as diretrizes para a formulação de uma política nacional de gestão de resíduos sólidos.
- A Resolução CONAMA nº 275 de 25.04.01 é uma das publicações mais recentes no que se refere aos resíduos sólidos no Brasil, tratando sobre o estabelecimento do código de cores para identificação dos coletores e transportadores de resíduos sólidos.

A legislação brasileira em se tratando de resíduos sólidos não permite a elaboração de uma norma única, de caráter nacional, que obrigue os estados e municípios a adotarem um determinado modelo de gestão, mas pode-se editar normas gerais como vem fazendo para fornecer as diretrizes para os órgãos da administração pública a respeito do assunto sob o aspecto da proteção ambiental e da função pública de interesse comum, levando-se em consideração que muitos estados e /ou municípios já possuem legislação específica sobre a gestão dos resíduos sólidos em vigor.

Os investimentos para viabilização de recursos para implantação de projetos que visem o aproveitamento de resíduos sólidos está disponibilizado no Fundo Nacional do Meio Ambiente pela Política Nacional de Saneamento, que tem como objetivo central a universalização do atendimento para programas de gestão dos resíduos sólidos municipais até o ano 2010. Segundo Cardoso (1998) esta política estabelece que os recursos necessários para atender a demanda neste período (1998-2010) é na ordem de 42 bilhões de dólares para água e esgoto e 4,6 bilhões de dólares para os resíduos sólidos. As condições para empréstimo do Programa Pró-Saneamento na modalidade dos resíduos sólidos está na ordem de 8% de juros ao ano, e a contrapartida de 15% ao ano como prazos máximos de 36 meses para execução e 15 anos para amortização, os recursos proveniente do Orçamento Geral da União, do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e o Banco Mundial são administrados pela Caixa Econômica Federal. O Fundo Nacional de Meio Ambiente lançou programas de financiamento na ordem de 8 milhões de reais para o ano

2002, para que as prefeituras elaborarem planos de ação em Implantação e Gerenciamento de Resíduos Sólidos.

3.2.3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Este item objetiva caracterizar toda a área de estudo procedendo levantamento de informações referente a características:

- Geo - Físicos;
- Populacionais e Demográficos;
- Infra – Estrutura e Serviços;
- Resíduos Sólidos.

Na tabela 02 são apresentadas as informações relativas a cada característica levantada.

Tabela 2: Informações Relativas as Características da Área de Estudo

GEO – FÍSICOS	POPULACIONAIS E DEMOGRÁFICOS	INFRA ESTRUTURA	RESÍDUOS SÓLIDOS
Localização Geográfica	Distribuição de Renda	Habitação e Serviços Urbanos	Situação no momento do Estudo (catadores, lixo espalhado, etc.)
Clima	Atividade Econômica	Órgãos Públicos	Sistema de Coleta do Lixo e Frota Coletora
Relevo	Nível Cultural	Estabelecimentos Industriais, Comerciais e Bancários	Volume de Resíduos Produzidos
Solo	Meios de Comunicação	Renda gerada no Município	Característica Quantitativa do Lixo
Hidrografia	Ação Social	Alternativas de Investimento	Característica Qualitativa do Lixo
Vegetação	População	Serviços Urbanos (Luz, água e esgoto)	Ações de Marketing

Fonte: Sebrae-RO (1999), adaptado pelo autor.

Essas informações são relevantes para:

- Identificar o grau de conscientização da população;
- O volume e tipo de resíduos sólidos produzidos;
- O grau de aceitação de programas de aproveitamento;
- As alternativas de futuros investimentos de empresas recicladoras;
- Demanda dos materiais separados para reciclagem;
- Mercado potencial da oferta de recicláveis e composto na região;
- Previsão de aumento populacional para 10, 15 anos sem afetar o sistema de aproveitamento implantado;
- Programas sociais de sustentabilidade que contribuam para o estudo proposto.

3.2.4 ELABORAÇÃO DE PROPOSTAS PARA APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.

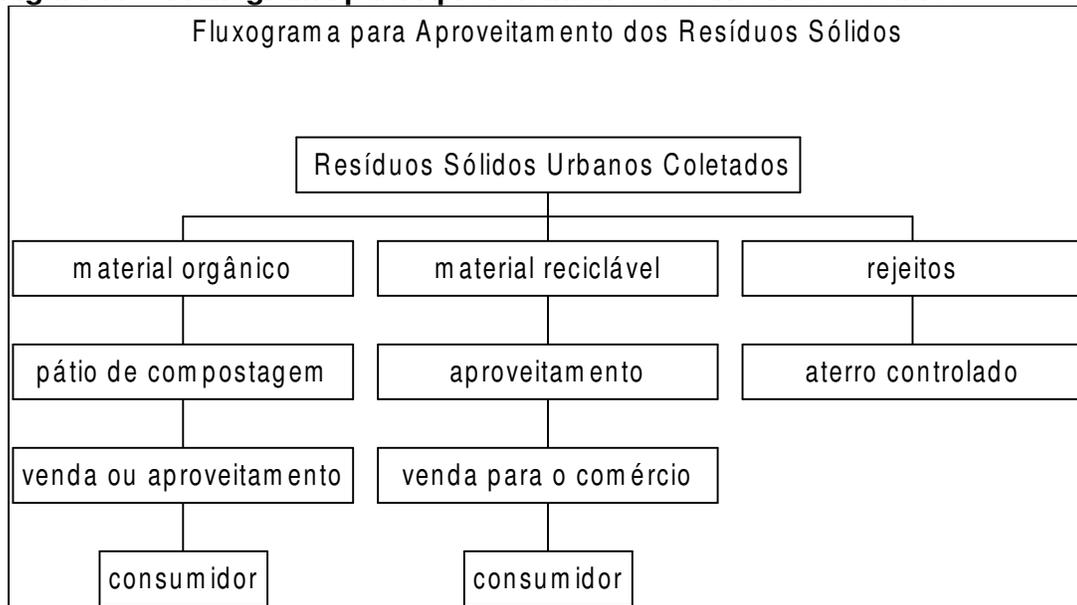
Neste item deve-se analisar dentre as propostas existentes para o aproveitamento dos resíduos sólidos urbanos, a que for viável para a região em função dos resultados obtidos no levantamento das informações do item anterior. As formas de aproveitamento dos resíduos sólidos urbanos concentram-se em:

- *Triagem*: consiste na separação dos resíduos sólidos para destinar os materiais para aproveitamento. Os materiais que não podem ser aproveitados são destinados ao aterro. Esta separação pode ser por meio de usinas de triagem bem como na segrega-

ção, ou seja, nos domicílios antes de misturar já separa nos recipiente diferenciados os materiais.

- *Reciclagem*: proporciona o retorno de materiais não aproveitáveis pelas pessoas à cadeia produtiva, reduzindo os custos de produção e aumentando a economia de divisas;
- *Compostagem*: aproveitamento do material orgânico que favorece o desenvolvimento da agricultura orgânica, promove a melhoria da alimentação das pessoas e a conseqüente redução de doenças crônicas;
- *Reutilização de materiais*: todo o material que não pode ser compostado e nem reciclado entra na confecção de objetos artísticos para decoração, artesanatos de modo geral, confecção de roupas ousadas e aproveitamento de materiais para dar novo visual tanto a roupas quanto a outros objetos.

O fluxograma proposto na figura 07 para aproveitamento dos resíduos sólidos demonstra como deve ser a gestão integrada dos resíduos sólidos urbanos, onde exige que haja um setor dentro da administração municipal que seja responsável pelo gerenciamento desses resíduos sólidos, de forma a implementar um tratamento para cada parcela de resíduo e conduzindo ao aterro controlado a menor parte possível. Desta forma, a equipe de trabalho deve ser multidisciplinar e formada a partir da capacitação de profissionais e do comprometimento dos mesmos com o trabalho a ser realizado apoiando-se nos instrumentos legislativos e no planejamento das atividades do município.

Figura 7: Fluxograma para Aproveitamento dos Resíduos Sólidos

Fonte: Próprio Autor.

3.2.4.1 PRODUÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Os resíduos sólidos produzidos na região em estudo devem ser coletados pelo responsável, normalmente a responsabilidade é da prefeitura, podendo ser tercerizado. Esses resíduos sólidos podem também ser separados na segregação, ou seja, na fonte geradora ou em galpões construídos para esta finalidade.

3.2.4.2 MATERIAIS ORGÂNICOS

São os resíduos sólidos considerados úmidos que incluem resíduos produzidos em residências, bares, restaurantes, lanchonetes, lojas, centros comerciais, podas de jardim, varrição e outros. Caso identifique-se contaminação em alguns desses materiais, deve-se evitar o aproveitamento e destiná-lo aos rejeitos.

3.2.4.3 PÁTIO DE COMPOSTAGEM

É a área onde a fração orgânica dos resíduos sólidos produzidos sofre decomposição microbiológica, transformando-se em composto orgânico para ser consumido em jardinagens, hortas, lavouras agrícolas e correção dos solos. Deve ser impermeabilizado e dotado de captação e drenagem de efluentes que deverão ser destinados ao respectivo sistema de tratamento. As águas pluviais devem ser captadas e desviadas para o seu sistema correspondente.

3.2.4.4 VENDA OU APROVEITAMENTO DO COMPOSTO

Uma maneira de estabelecer o valor do composto orgânico para venda baseia-se no conteúdo em matéria orgânica, utilizando-se como referência os preços de seus concorrentes (esterços de curral ou de granja). Uma outra maneira proposta baseia-se no conteúdo de macronutrientes primários (NPK) contidos no fertilizante mineral e no composto.

O consumo do composto orgânico tanto pode ser por parte da prefeitura local que o destinará para os jardins e praças, como por qualquer cidadão que tenha interesse.

3.2.4.5 MATERIAIS RECICLÁVEIS

São resíduos sólidos secos que podem ser aproveitados como matéria prima para produção de novo material e até mesmo de outros materiais que voltam para a mão do consumidor como produto. Esse tipo de resíduo sólido não pode estar contaminado ou sujo para ser aproveitado.

3.2.4.6 APROVEITAMENTO DE RECICLÁVEIS

Quanto melhor for a separação dos diferentes tipos de materiais recicláveis, maior será a qualidade para reciclagem desses resíduos sólidos e o preço de revenda. A oferta de resíduos sólidos recicláveis varia muito de região para região, portanto deve-se ficar atento no aspecto qualitativo das características da área em estudo para não inviabilizar programas e projetos.

3.2.4.7 VENDA DE PRODUTOS RECICLÁVEIS

Após separação os materiais podem ser vendidos para indústrias que utilizam sucatas como matéria-prima para fabricar seus produtos diminuindo custos com a aquisição da matéria-prima virgem e para as cooperativas que trabalham com materiais recicláveis, bem como adquirir de pequenos catadores para vender posteriormente para as indústrias.

Segundo Homma (2000), o consumo de produtos recicláveis apontam indicadores positivos como o caso das latas de alumínio em que a “Latasa” utiliza na sua produção 90% de material reciclável e somente 10% de matéria-prima virgem¹².

3.2.4.8 REJEITOS

Os materiais que não podem ser recicláveis e nem aproveitados para qualquer tipo de atividade são denominados rejeitos e devem ser destinados ao aterro controlado. Incluem-se nos rejeitos os materiais orgânicos e recicláveis contaminados, as cinzas provenientes de incineração dos resíduos sólidos

¹² Dados fornecidos pela ABAL – Associação Brasileira do Alumínio.

dos hospitalares e de saúde (farmácia, clínicas odontológicas, veterinárias, etc.).

Também denomina-se rejeitos os materiais radioativos e perigosos que são de responsabilidade dos gestores.

3.2.4.9 ATERRO CONTROLADO

Os rejeitos são dispostos no solo e posteriormente recobertos com terra, o que acaba por reduzir a poluição local. As administrações municipais devem levar em consideração que o aterro terá maior vida útil pelo fato da maior parte dos resíduos sólidos coletados já terem sido reaproveitados.

Os municípios devem analisar qual a melhor iniciativa para implantação de programas e projetos para aproveitamento dos resíduos sólidos produzidos pela sua população em função dos aspectos abordados, visando principalmente o bem estar da população com melhores condições de vida sem causar problemas de ordem financeira no orçamento público.

A economia brasileira também tem um novo paradigma: produzir mais sem afetar as futuras gerações, ou seja, produtos ecologicamente corretos e biodegradáveis com maior aproveitamento de recicláveis e reutilizáveis.

4. ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE CACOAL- RO

Neste capítulo apresenta-se o estudo de caso no Município de Cacoal situado no Estado de Rondônia, utilizando-se de dados coletados pelo método dedutivo caracterizado pela busca de informações por meio de dados secundários (documentos oficiais da prefeitura) e dados primários (entrevistas informais com secretário de Meio Ambiente do Município, presidente da cooperativa de catadores dos recicláveis no município e compradores de sucatas, pesagem dos resíduos sólidos). A caracterização do Estado tem o objetivo de ampliar as informações sobre a área de estudo, aborda-se as características do município até o mês de março de 2002, os resultados da avaliação e a proposta da implantação de uma unidade de triagem e compostagem.

4.1 CARACTERÍSTICAS DO ESTADO DE RONDÔNIA

Rondônia é um Estado novo na Federação, conta com uma população significativa, suas atividades econômicas são avaliadas em nível nacional. A evolução política-administrativa do Estado e a real situação dos resíduos só-

lidos urbanos, bem como o que vem sendo feito na tentativa de minimizar o problema.

4.1.1 HISTÓRICO DO ESTADO DE RONDÔNIA

A história registra no século XVI, a passagem dos primeiros “aventureiros” por esta região que hoje constitui o Estado de Rondônia. No século XVI, o bandeirante Antonio Raposo Tavares percorreu esta extensa região em busca de ouro, pedras preciosas e de índios. Chegando a Amazônia Ocidental pelo Rio Guaporé. Surgiu então o Vale do Guaporé, com a descoberta do ouro, atraindo vários grupos de pessoas para a região. As tentativas de conquista e colonização da região datam de 1669, quando padres jesuítas fundaram a aldeia de Tupinambarana na foz do Rio Madeira e outros povoados ao longo das margens, tendo assim iniciado a ocupação do Vale do Rio Madeira. Houve muitos conflitos entre portugueses e espanhóis, devido a descoberta do ouro. O Forte Príncipe da Beira é o mais antigo estabelecimento oficial do Estado de Rondônia, inaugurado em 20 de agosto de 1783 por objetivos de ocupação política. Depois dos conflitos os espanhóis deixaram a região, o qual ficou abandonado. No final do século XIX iniciou-se o Ciclo da Borracha, quando migraram para região milhares de pessoas fugindo da seca do nordeste, que passaram a ocupar os seringais no vale do Rio Madeira. Estes “bravos caboclos nordestinos” em busca de seringueiras penetraram na floresta e ali organizaram os seringais, estabeleceram as estradas, as colocações, os barracos de depósitos e outros. Apossaram de terras pertencentes aos Estados de Mato Grosso e Amazonas, cujos governos reconheceram as legitimidades dessas posses e outorgaram-lhes os títulos definitivos das propriedades ocupadas (Teixeira et al.1998). A exploração da borracha foi sem dúvida, a mola propulsora para a ocupação definitiva do Vale do Madeira. Com a sua valorização no mercado internacional, os seringueiros adentraram também nos vales do Guaporé e Mamoré em busca do látex. Intensificaram assim, no período áureo de sua produção, nessa época mais ou menos 30% do PIB nacional. Ocorreu or-

ganização das companhias de navegação fluvial, mas as dificuldades para transportar o látex produzido nesta região devido ao trecho encachoeirado dos rios surgiu a idéia de construir uma ferrovia em plena selva. Surgiu então a Estrada de Ferro Madeira - Mamoré. No ponto inicial da ferrovia surgiu a Cidade de Porto Velho e no final a cidade de Guajará-Mirim. A borracha posteriormente desvalorizada leva a falência geral, só após a Segunda Grande Guerra Mundial, novamente a borracha é valorizada e a população atendendo ao pedido do Governo Federal retorna a região. A atuação da Comissão Rondon tinha missão de integrar a região ao resto do país por meio de linhas telegráficas. Isso ocorreu no início do século XX, quando surgiram os primeiros povoados como é o caso de Vilhena, Pimenta Bueno, Ji-Paraná, Jaru e Ariquemes (Teixeira et al.1998).

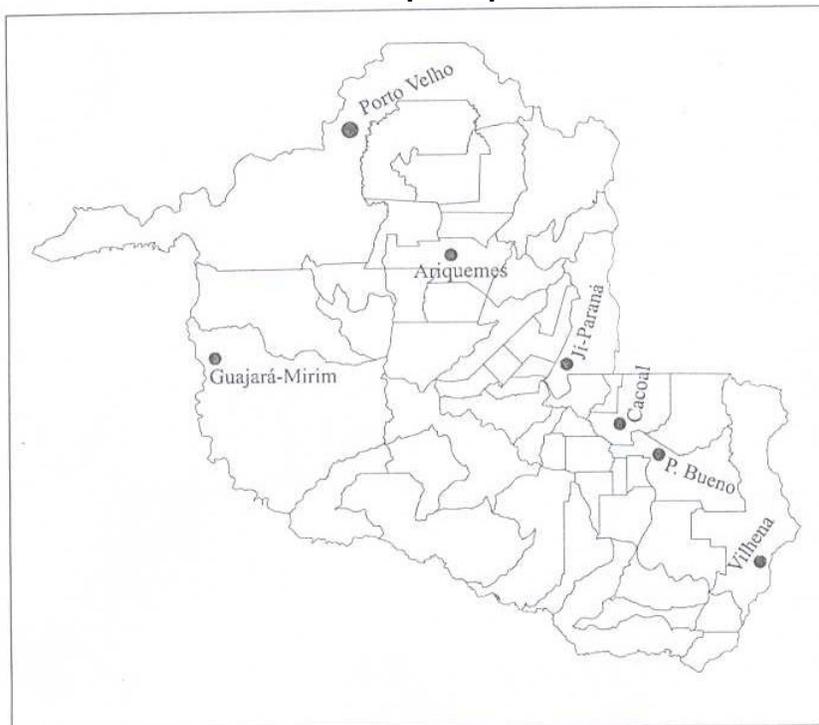
4.1.2 EVOLUÇÃO POLÍTICA ADMINISTRATIVA

Antes de passar a ser estado segundo Oliveira (2000), Rondônia foi Território Federal; criado pelo decreto lei nº 5.812, de 13 de Setembro de 1943 pelo Presidente da República Getúlio Vargas. O território foi criado por terras desmembradas dos Estados do Mato Grosso e Amazonas. Rondônia permaneceu como Território Federal durante 38 anos. De 1943 a 1956 chamou-se Território Federal do Guaporé. Em 17 de fevereiro de 1956 em homenagem ao Marechal Cândido Mariano da Silva Rondon, pelos relevantes serviços prestados a esta terra, o Território passou a se chamar Território Federal de Rondônia. Em 1960, o então Presidente da República, Juscelino Kubitschek de Oliveira, decidiu construir a BR-329 atual 364 que ligaria Brasília ao Acre. As construtoras iniciaram o trabalho de abertura da estrada, seguindo na maioria dos trechos a picada aberta pela Comissão Rondon. Em setembro de 1960, Juscelino Kubitschek veio a Vilhena na inauguração da BR. Começou assim a migração em massa; a princípio tímida, mas explodiu nos anos 70, quando o Governo Federal incentivou a migração, colocando Rondônia como um “novo eldorado”, sendo uma das maiores frentes de expansão agrícola, atraindo milhares

de migrantes de todos os pontos do país. Em 22 de dezembro de 1981, Rondônia passou a condição de Estado pela Lei Complementar nº 041.

Segundo Oliveira (2000) a história de Rondônia é tão recente que muitas pessoas que aqui residem há três décadas aproximadamente, já mudaram de município duas, três ou mais vezes sem nunca terem mudado de residência. É o caso, por exemplo, de quem mora na cidade de Cacoal: até 1977 residiam no município de Porto Velho, pois até 1977 eram 02 municípios no Estado, em 1981 passaram a ser 7 municípios e a partir de 1997, houve nova divisão municipal do Estado, com 52 municípios conforme ilustra a figura 08.

Figura 8: Estado de Rondônia e as principais cidades.



Fonte: Oliveira (2000).

Rondônia segundo IBGE (2000) possui uma área de 243.044 km², e é o 2º maior produtor de café conillon e cacau do país.

No final do século XX, Rondônia desenvolveu-se de uma forma surpreendente, poucas vezes vista neste país. Em 1970 teve um fluxo de migran-

tes: a população que era de aproximadamente 100 mil pessoas passou a ser de 505.070 em 1980. (IBGE, 1999). Hoje a população está em torno de 1.370 mil habitantes conforme anexo-2 (IBGE, 2000). As principais atividades econômicas são:

- Extrativismo: Vegetal (madeira, castanha-do-Pará, palmito, ervas medicinais e outras);
- Mineral (cassiterita, ouro, calcário, areia, pedra, argila);
- Animal (caça e pesca);
- Agricultura: Café, arroz, feijão, mandioca, milho, cacau, banana, soja, algodão, legumes, verduras e frutas;
- Pecuária: Bovinos (7,5 milhões) Suínos (1,5 milhões) e Aves (8 milhões);
- Indústria: Manufatureira, beneficiamento e transformação.

Quanto aos aspectos geográficos, representa 6,79% da superfície da Região Norte e 2,8% do Brasil, tem um clima equatorial do tipo quente e úmido com uma vegetação da Floresta Amazônica, cerrado e campos. Quanto ao Solo é bastante diversificado conforme ilustração do anexo 01.

4.1.3 SITUAÇÃO DO LIXO NO ESTADO

A situação relativa ao lixo nos municípios do Estado de Rondônia é parecida como a de muitos outros municípios de pequeno porte da federação.

Objetivando a busca e a implantação de soluções para o problema dos resíduos sólidos, as prefeituras por intermédio da Secretaria de Educação do Município começaram pelas escolas a promover palestras com o intuito de conscientização da necessidade de preservação do meio ambiente colocando

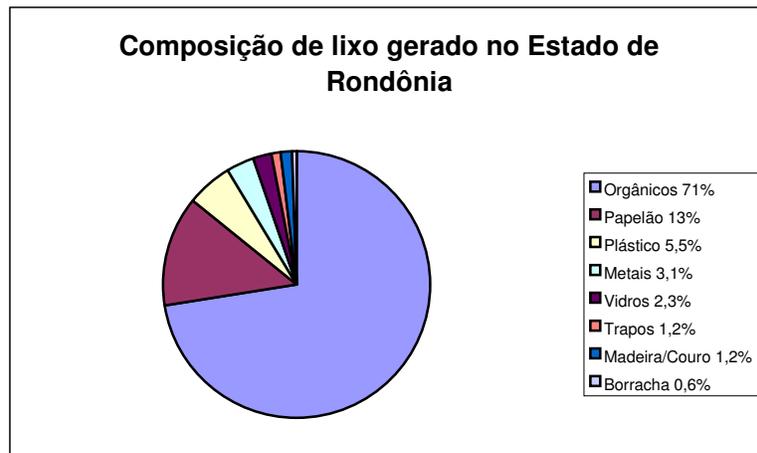
lixeiros diferenciadas nas calçadas (papel, plástico, metais e vidro; mas esquecendo da lixeira dos resíduos orgânicos) diminuindo assim o excesso de lixo espalhado nas vias públicas.

A coleta dos resíduos sólidos urbanos é feita regularmente na grande maioria dos municípios por caminhões da prefeitura próprios para o serviço, ou basculantes, ou ainda, tratores adaptados para o serviço sem qualquer tipo de separação prévia e levado para os lixões a céu aberto próximo às cidades. Os catadores de papel, papelão, plásticos e metais são minoria trabalhando timidamente, recolhem e entregam para os atravessadores que armazenam em depósitos clandestinos em fundo de quintais, até que conseguem formar um carregamento para encaminharem às indústrias de reciclagem fora do Estado.

Na capital do Estado (Porto Velho) foi implantado uma usina de reciclagem de plástico Nortiza¹³ que recicla plástico classificado de baixa densidade segundo dados do Sebrae/RO (2000).

Com uma população de 1.370 mil habitantes, Rondônia está gerando uma quantidade de lixo em torno de 700 toneladas/dia, com um potencial, segundo dados fornecidos pelo SEBRAE/RO (jun. 2000) de reciclagem de 250 toneladas/dia, sendo que dessa quantidade total de lixo 71% são materiais orgânicos conforme figura 09. Algumas alternativas para aproveitar esses materiais orgânicos já iniciaram-se, segundo Trevisan (2001) só existe a compostagem de resíduos sólidos domiciliares em nível artesanal, ou seja, em fundos de quintais das residências e em viveiros de mudas e plantas ornamentais e de jardinagens.

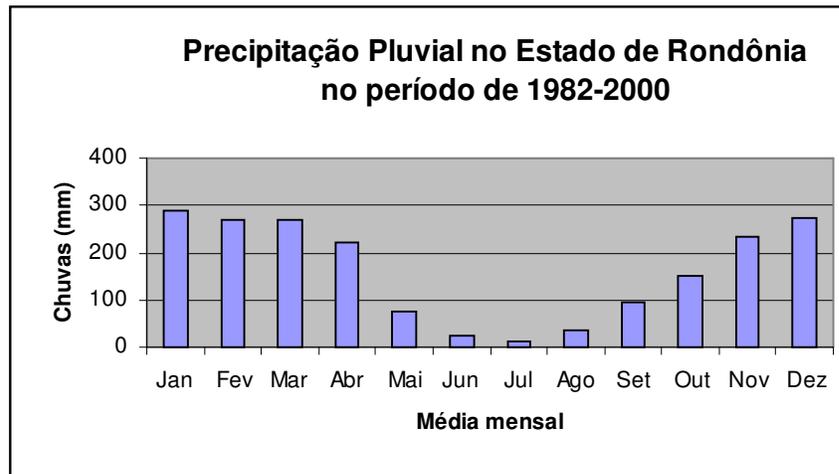
¹³ Nortiza S/A – Reciclagem de Plásticos: é uma empresa de participação comunitária (EPC) fundada em 1997.

Figura 9: Composição do lixo no Estado de Rondônia

Fonte: SEBRAE-RO (2000).

Os resíduos orgânicos na zona rural são aproveitados de modo bem rudimentar, colocam-se os restos de vegetais (casca de arroz, casca de café, casca de cacau triturada, palha de feijão e outros), como também animais (esterco bovino, suíno e de criação de galinha) num buraco e o cobrem com um pouco de terra. Passados alguns meses, dão uma misturada e espalham no solo, ou ainda, costumam considerar que adubação orgânica é simplesmente fazer uma cobertura de solo com palhas.

Devido as condições climáticas da região amazônica, deve-se observar no Estado alguns parâmetros em função das constantes chuvas como mostra a figura 10 para realização da compostagem como por exemplo, se a compostagem for feita entre os meses de janeiro a março; todo o material orgânico deve ser coberto em função do excesso das águas.

Figura 10: Parâmetros das chuvas no Estado de Rondônia

Fonte: CEPLAC/RO (2001).

Quando termina a estação das chuvas em meados do mês de maio não existem condições imediatas para coletar matéria-prima em função da umidade, somente no mês de junho é que novamente os agricultores iniciam o ciclo de nova compostagem dos restos animais e vegetais em leiras. Isso estende até o mês de outubro, quando volta para o manejo especial em ambientes cobertos.

Segundo Homma (2000), a Embrapa por meio de seus técnicos, recomenda o uso do composto orgânico nos solos da região, devido as suas propriedades de compactação e nutrição; sendo que colocar o adubo solúvel ou qualquer outro fertilizante de origem físico-química, o mesmo some com as primeiras chuvas de inverno, arrastado pelas águas que correm ou então é fixado ao solo sob forma de hidróxidos insolúveis que a planta normalmente não absorve.

4.2 CARACTERÍSTICAS DO MUNICÍPIO DE CACOAL

Para que possa ser analisado o modelo proposto será apresentado as características da área de estudo, obtidas junto à administração municipal e por entrevistas informais com funcionários de secretarias envolvidas da prefeitura.

4.2.1 ASPECTOS GEO - FÍSICOS

Cacoal é uma cidade localizada as margens da Br. 364, a 477 Km da capital do Estado de Rondônia, Porto Velho, na região norte do Brasil pertencente à Amazônia Ocidental confrontando com os seguintes municípios limítrofes: ao Norte o Estado de Mato Grosso; ao Sul o município de Pimenta Bueno; a Leste o município de Espigão do Oeste; a Oeste os municípios de Ministro Andreazza, Presidente Médici, Castanheiras e Rolim de Moura.

O município conforme figura 11 foi criado em 11 de outubro de 1977, por meio do Decreto Lei 6.488 e oficialmente instalada no dia 26 de novembro do mesmo ano, data de sua emancipação política. Atualmente é o terceiro maior do Estado e um dos mais prósperos e importantes por sua sólida economia em plena expansão.

Figura 11: Vista aérea da cidade de Cacoal.



A área geográfica do município é de 3.808,5 Km² representando 1,57% da área total do Estado, ocupando uma área urbana de 1.279,12 Km².

O relevo de maneira geral não apresenta grandes elevações, comportando-se como plano e suave ondulado, com altitudes médias variando até 436 metros, latitude 11° 56' 37" Sul e longitude 61° 54' 24" Oeste.

O clima da região é quente e úmido, segundo Koppen é do tipo amazônico, caracterizado por chuvas do tipo monção com elevadas precipitações durante o ano. A temperatura média é de 26°, com períodos anuais bem distintos: o da estiagem de abril a setembro quando dificilmente chove e o das águas, de outubro a março quando as chuvas são bem pronunciadas.

O solo desta região apresenta variada composição, encontram-se podzólico vermelho-amarelo eutrófico, podzólico vermelho-amarelo distrófico, o latossolo vermelho-amarelo de textura média, a terra roxa de estrutura eutrófica e solos hidromórficos indiscriminados resultando dessa mescla solos de alta fertilidade sem qualquer limitação para a prática agrícola; em algumas áreas

reduzidas encontram-se solos que necessitam de correções por correrem riscos de inundações além de deficiências de nutrientes.

O principal curso d'água existente no município é representado pelo rio Machado, chamado mais adiante de rio Ji-Paraná, afluente do rio Madeira pela margem direita. Não possui nenhum atrativo econômico, a não ser ocorrência de recursos minerais ao longo da bacia hidrográfica.

O tipo de vegetação na região é a floresta densa e o município possui um alto índice de desmatamento, sendo que de sua floresta primitiva 50,27% do seu território, ou seja, 186.514,70 hectares de terras que já perderam sua cobertura florestal.

4.2.2 ASPECTOS POPULACIONAIS E DEMOGRÁFICOS

A distribuição de renda entre a população urbana varia, sendo que grande maioria em torno de 75% recebe entre 1 até 5 salários mínimos vigente no país, 10% recebem entre 5 até 15 salários mínimos e o restante salários superiores incluídos os empresários nesta categoria.

A economia da município caracteriza-se por seu comércio forte e diversificado, baseado em atividades agropecuárias, principalmente atividades agrícolas. O município ocupa na produção agrícola lugar de destaque pelo volume comercializado de arroz, algodão, milho, banana, mandioca, cacau, café e feijão. Sendo na classificação estadual o 1º lugar na produção de café, 2º lugar na produção de milho, 3º lugar na produção de arroz e o 4º na produção de feijão. Concentra-se também o 3º maior plantel de gado bovino (leite e corte) do Estado, o 1º lugar no plantel de suínos, frangos e galinhas, e também ocupa o 2º lugar como produtor de leite e ovos. Cacoal está entre o 3º e 4º maior arrecadador de impostos do Estado (ICMS).

O nível cultural da população é considerado razoável, são 51.745 pessoas alfabetizadas acima de 10 anos, contando com 122 estabelecimentos

de ensino fundamental, 12 estabelecimentos de ensino médio e 3 estabelecimento de ensino superior, apesar que pelos dados do IBGE (2000) 54,6% dos chefes de família são analfabetos ou estudaram até quarta série do ensino fundamental, resultado que retrata a herança do grande número de imigrantes de baixa instrução que fixaram residência no município.

Nos meios de comunicação Cacoal atua como pólo centralizador e refletor dos meios de comunicação regionais, possuindo razoável rede de comunicação que lhe permite estar em contato com as atividades mundiais a qualquer hora e em qualquer tempo (televisão, radio e jornais).

A ação social no município é desenvolvida pela Secretaria Municipal de Ação Social e Trabalho – SEMAST, que vem criando uma estrutura de atendimento às famílias de baixa renda, à mulher, à criança e aos portadores de necessidade especiais tanto no atendimento direto quanto na assessoria às entidades que prestam serviços beneficentes (Casa da Gestante, Guarda Mirim, Fundação Vida Nova, Fundação Assistencial Bem-Estar e Misericórdia, Centro de Reabilitação Neurológico Infantil de Cacoal, Pastoral da Mulher, Fundação Ronaldo Aragão e Escola Família Agrícola).

O município conta com uma população de 73.527 habitantes dos quais 44.084 habitantes são eleitores, concentrando 5,34% da população estadual, sendo 51.359 habitantes na zona urbana e 22.168 habitantes na zona rural (IBGE/2000).

4.2.3 INFRA ESTRUTURA

A maioria das residências são construídas em alvenaria com predomínio de médio e baixo padrão, 84% segundo dados da prefeitura, o restante 16% são casas construídas em madeira. As construções melhores encontram-se no centro da cidade com edificações de 3 a 4 pisos.

Os órgãos públicos de apoio são 01 Batalhão da Polícia Militar, 4 Cartórios, 1 Delegacia da Mulher, 1 Delegacia de Polícia, 3 Agências de Correios, 1 Fórum, 1 Ciretran e 1 Delegacia Regional do Trabalho.

Cacoal em março de 2002 possui 1.461 empresas comerciais e de prestação de serviços ativas, 6 agências bancárias e 35 indústrias de manufatura (móveis, madeireira, produtos alimentícios, cerâmicas, metalúrgica).

A renda no município segundo dados do IBGE (2000) é que o valor do Fundo de Participação dos Municípios – FPM destinado a Cacoal foi da ordem de R\$ 3.540.533,24, no ano de 1999, constatando-se que neste mesmo ano a receita municipal ficou em torno de R\$ 14.252.000,00.

As alternativas de investimentos estão voltadas para agricultura e pecuária, com perspectivas para a classe comercial e industrial que está aguardando investimento em infra-estrutura e liberação de recursos financeiros para se instalar.

Os serviços urbanos atendem 6.627 residências com água, energia e coleta regular de lixo e 8.561 residências que além de água, energia, coleta regular de lixo tem serviços de esgoto.

4.2.4 RESÍDUOS SÓLIDOS

Quanto a situação relativa aos resíduos sólidos no município de Cacoal, as informações apontam que 100% da população urbana esta sendo atendida com a coleta regular de resíduos sólidos, apesar de muito lixo ainda estar sendo jogado em terrenos vazios no centro da cidade como ilustra a figura 12. A responsabilidade da destinação final desses resíduos sólidos urbanos no município é da administração pública que o recolhe e simplesmente deposita 100% no aterro controlado que fica a uma distância de aproximadamente 6 km do centro da cidade.

Figura 12: Lixo Espalhado nas Vias Públicas da Cidade.



Esses resíduos sólidos coletados pelos caminhões apropriados são despejados no aterro controlado e ficam a céu aberto sem qualquer tratamento prévio para que os catadores retirem o que possa ser comercializado. Quando termina a catação um trator empurra o lixo para as valas e posteriormente cobre, mas muitas vezes leva 2 ou 3 dias até que esse procedimento ocorra. O lixo hospitalar não contaminado e o lixo das farmácias também é depositado no mesmo aterro, só não permitem que haja catação nesses resíduos sólidos. O lixo hospitalar contaminado é incinerado e posteriormente levado também ao aterro controlado.

O lixo resultante de embalagens (plásticos, papel e papelão) que muitas lojas de confecções, calçados, eletrodomésticos e supermercados jogam fora são coletados pelos catadores, que vão armazenando em suas residências os resíduos que são compostos de alumínio como latas de cerveja, refrigerantes, bacias, pistão do motor de automóveis, restos de fios que contenham cobre também são recolhidos por catadores até formarem uma quantidade acessível para vender aos intermediários que levam para fora do Estado onde servirá de matéria-prima nas usinas de reciclagem, ou mesmo para cidade vizinha de Ji-Paraná e a capital Porto Velho.

O sistema de coleta do lixo é regular, não há seleção e nem coleta diferenciada. O Município optou por um sistema implantado pela Secretaria de Meio Ambiente do Município que fez um mapeamento dividindo a cidade em 4 setores para facilitar os serviços, sendo que no setor 01 a coleta é feita 02 vezes por semana; no setor 02 e 04 é feita 03 vezes por semana e no setor 03 onde se localiza o centro da cidade, a coleta é feita todos os dias, exceção domingos e feriados como ilustra a figura 13.

Figura 13: Coleta de lixo nas vias públicas



A frota de caminhões para essas coletas é composta por 05 veículos conforme demonstrado na tabela 03.

Tabela 3: Caracterização dos Veículos Coletores

Caminhão	Modelo	Ano	Placa	Capacidade	Acessórios Especiais	Quant. De viagens
Ford	F.11000	1990	NBO 8055	08m ³	Basculante	03/dia
VW	11140	1989	NBD 2107	10m ³	Compactador	03/dia
VW	11140	1989	NBO 8047	10m ³	Compactador	03/dia
MB	1313	1986	KBL 0891	18m ³	Compactador	03/dia
Trator	Ford	1982		14m ³	2 carretas acopladas	03/dia

Fonte: Secretaria de Meio Ambiente – Cacoal RO.

O volume de resíduos produzidos chega a um patamar de 100 metros cúbicos por dia onde incluem-se papéis, papelão, embalagens plásticas, restos de podas de árvores, resíduos domiciliares, comerciais e os resíduos

existentes nas vias públicas da cidade que aguardam a coleta feita pelos caminhões da prefeitura.

Para o presente estudo quantificou-se os resíduos sólidos urbanos da cidade de Cacoal, produzidos somente nos domicílios residências e comerciais de responsabilidade da prefeitura e houve a necessidade de pesá-los durante o período de uma semana para fazer uma amostragem, oferecendo condições de validar a elaboração de procedimentos para aproveitamento de resíduos sólidos urbanos. Contou-se com auxílio de uma balança com capacidade de 60 toneladas. No mês de março de 2002, constatou-se uma média de 22 toneladas/dia aproximadamente de resíduos sólidos urbanos coletados conforme demonstrado na tabela 04, ressaltando que essa quantidade varia nos meses em que há safra agrícola principalmente de café e arroz.

Tabela 4: Variação Diária da Quantidade de Resíduos Sólidos Urbanos no Período de 22 a 28 de Março de 2002/ Quilos

Dias da Semana	Tara-5410 F.11000 NBO 8055	Tara-7760 VW 11140 NBD 2107	Tara-7510 VW 11140 NBO 8047	Tara-10780 MB 1313 KBL 0891	Tara-4040 Trator Ford F-4600 – 27	Total/Dia em Quilos
Seg. – feira	3.090	9.770	5.690	13.610	3.000	35.160
Terça –Feira	3.310	7.330	4.660	8.280	4.630	28.210
Quarta-Feira	6.960	3.180	4.950	10.050	5.710	30.850
Quinta-Feira	3.150	7.100	2.730	7.600	6.200	26.780
Sexta-feira	3.170	7.330	4.470	7.500	5.700	28.170
Total/Semana	19.680	34.710	22.500	47.040	25.240	149.170
Média/dia (semana 07 dias).			-	-	-	21.310

Fonte: Próprio Autor.

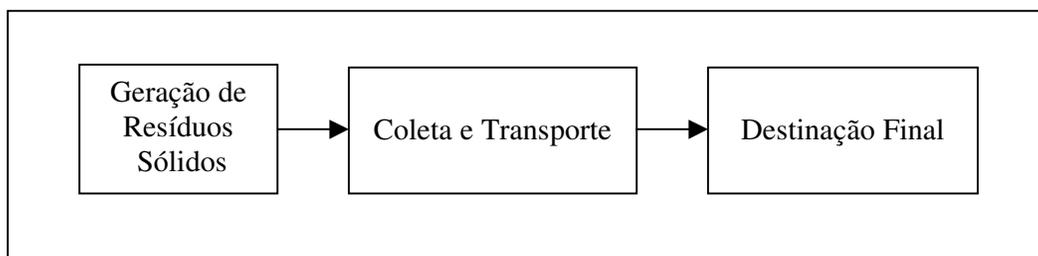
Do lixo quantificado na balança para amostragem, verificou-se a diferença de um dia em relação a outro; isso se justifica pelo fato das coletas serem por setores da cidade, no centro da cidade, por exemplo, as coletas foram feitas todos os dias, também se diferencia pelo fato que na 2ª feira agrupa o lixo produzido no sábado e domingo, já o lixo da 3ª feira e 6ª feira foram produzidos normalmente digamos assim, na 4ª e 5ª feira a quantidade de lixo foi aumentada em função de duas feiras livres de produtor rural.

As ações de marketing desenvolvidas no Município sobre os resíduos sólidos são feitas por meio de cartilhas instrutivas distribuídas a população em escolas, órgãos públicos e nos estabelecimentos comerciais de modo geral, com ilustrações de como depositar o lixo nos recipientes adequados e não deixá-los jogados nas vias públicas, terrenos vazios, córregos, etc. Existe iniciativas de recipientes diferenciados para coleta no centro da cidade, mas quando passa o caminhão para coletar, acaba misturando tudo e levando para o destino final. Outra forma de aproveitamento é a de catadores que recolhem embalagens pet e fazem trabalhos artesanais que são comercializados na feira de artesanato no próprio município.

4.3 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO

O fluxo do lixo na cidade de Cacoal no período em que foi feito o estudo, está representado na figura 14, que restringe-se a geração dos resíduos sólidos pela população, a coleta e transporte feita regularmente pelos caminhões coletores que levam diretamente para a destinação final que é o aterro controlado.

Figura 14: Fluxograma do Gerenciamento de Lixo Urbano na Cidade de Cacoal – RO.



Fonte: Próprio Autor.

A população tem conscientização sobre os graves problemas originados pela falta de gerenciamento adequado a destinação final dos resíduos sólidos urbanos no Município.

Com base nos dados de pesagem registrados constatou-se que a produção de resíduos sólidos urbanos gerados no Município do qual a coleta é de responsabilidade da prefeitura está numa média de 150 toneladas/semana aproximadamente.

Pelas divulgações feitas na mídia e nos diversos estabelecimentos, constatou-se que a população já recolhe resíduos sólidos urbanos para reciclagem. Alguns populares vendem para depósitos situados na cidade, e esses com um volume significativo repassam para indústrias fora do Município e até mesmo fora do Estado.

Cacoal possui uma cooperativa de catadores denominada COOPE-MARCA – Cooperativa de Coletores de Materiais Recicláveis de Cacoal da Amazônia, mas por questões de ordem financeira e falta de apoio da gestão atual, os associados que somam 23 famílias e os demais coletores ainda não conseguiram organizar-se na cooperativa para fazer o beneficiamento dos materiais para a posterior venda, permitindo que outros municípios saiam lucrando segundo sua presidente Maura Aparecida Silveira Prado. Nas pesquisas *in loco*, verificou-se a implantação na cidade de uma pequena fábrica de mangueiras de cor preta, granulados para tubos e encanamento de esgoto nas residências: “Wille – Plásticos Indústria e Comercio Ltda”, de propriedade do Sr. Willy Marques dos Santos, e está localizada à Av. Brasil, 1627, Bairro Industrial, com capacidade de processar 01 tonelada/dia de plásticos caracterizados como polietileno de baixa densidade. A quantidade de resíduos de plásticos adquiridos no mês para produção da empresa está em torno de 10 toneladas, mantém 07 empregos diretos e não há informação de quantos indiretos por comprar matéria-prima de outros municípios também.

A demanda de materiais separados é bem significativa, tudo que é coletado pelos catadores de porta em porta é comprado imediatamente pelas empresas recicladoras. Uma parte desta demanda para aproveitamento de parte dos resíduos sólidos urbanos está sendo feita pelas pequenas empresas que recentemente passaram a reciclar o plástico na região, além do município.

A previsão do aumento populacional no Município segundo análise feita pela Secretaria de Meio Ambiente do Município usando como base dados fornecidos pelo IBGE, é que nos próximos 10 a 15 anos, seja em torno de 10%, considerando a migração.

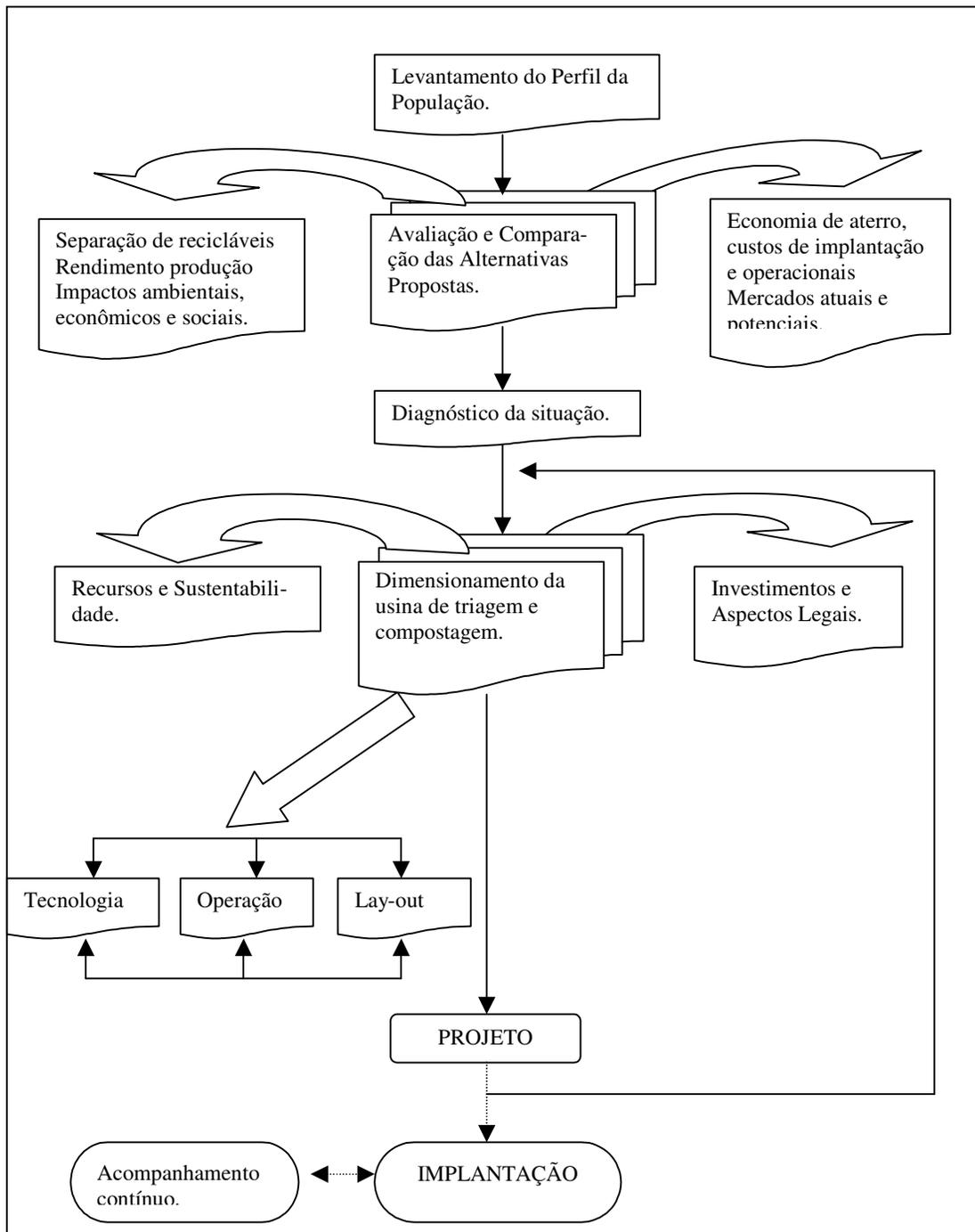
Os programas de sustentabilidade para iniciativas na questão dos resíduos sólidos urbanos já estão iniciados com entidades de bairros, apoiados pela Secretaria Municipal de Ação Social e Trabalho – SEMAST, por meio de palestras e divulgação em *folders* e colocação de *out doors* em pontos estratégicos da cidade durante a semana de meio ambiente.

Para futuros investimentos constata-se que o Município tem condições de agregar outras iniciativas para aproveitamento como uma usina de triagem e compostagem, com capacidade para 50 toneladas/dia, por meio de programas governamentais. Esta usina pode ser um galpão com um fosso onde se descarrega o lixo, uma esteira que é utilizada para fazer a catação e separação dos resíduos sólidos, um eletroímã que removerá os metais que não foram separados e uma esteira para levar o material considerado orgânico para um pátio destinado a compostagem, onde deve permanecer por cerca de 90 dias em leiras revolvidas periodicamente e posteriormente vendido.

4.4 PROCEDIMENTOS PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM

Como toda iniciativa de aproveitamento de resíduos sólidos urbanos requer análise prévia para implantação pela administração pública, o objetivo de desenvolver procedimentos para implantação de usina de triagem e compostagem é requisito básico para suporte de decisão do empreendedor como mostra o modelo proposto na figura 15.

Figura 15: PROCEDIMENTOS PARA IMPLANTAÇÃO DE UMA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM



Fonte: Próprio Autor.

4.4.1 LEVANTAMENTO DO PERFIL DA POPULAÇÃO

Esse levantamento é direcionado para a população que reside nos municípios, desta forma, abrange o aspecto social, cultural e econômico.

Na área social deve-se investigar as atitudes, costumes e hábitos da população, nível educacional, percepção ambiental, representatividade social, associações de bairros, os hábitos alimentares em função da relação com a qualidade ou tipo de resíduos gerado, sendo muito importante o conhecimento da relação que a população faz com os resíduos. Essa relação diz respeito à forma da população encarar o tratamento com os resíduos sólidos urbanos que a mesma gera. Se a comunidade simplesmente acondiciona em recipiente e o coloca nas calçadas para serem levados ao destino final ou se encara o lixo como um recurso que pode ser utilizado para gerar riquezas depois de ter sido útil a ela própria por intermédio de reuso da reciclagem ou do processo de compostagem.

A situação econômica da população apresenta-se de forma variada dentro do próprio município pelas ocupações diferenciadas que apresentaram resíduos diferentes. A atividade econômica tem influência marcante na organização dos serviços de coleta, no tratamento e destino final dos resíduos e, de forma significativa quando existem catadores que desenvolvem nas ruas as atividades de catação nos lixões e/ou aterros. Devem fazer levantamentos estatísticos identificando número de habitantes urbanos, restaurantes, bares, lanchonetes, indústrias, tipos de comércio e outros que permitam qualificar a produção dos resíduos sólidos urbanos.

4.4.2 AVALIAÇÃO E COMPARAÇÃO DAS ALTERNATIVAS

Deve-se avaliar as diferentes fases do processo e comparar as alternativas visando economia de aterro, redução dos custos de implantação e ope-

racionais, separação dos recicláveis, rendimento na produção e qualidade do composto e menor impacto ambiental, sendo que as usinas de triagem oferecem uma maneira de reduzir sensivelmente a quantidade de resíduos enviados ao aterro atingindo conforme se constatou no levantamento de dados; taxas de 50% quando bem gerenciadas. Segundo D'Almeida (2000) pode-se observar alguns pontos positivos de uma usina de triagem:

- Não requer alteração do sistema convencional de coleta, apenas a mudança no destino do caminhão que passa a parar na usina de triagem ao invés de seguir direto para o lixão.
- Possibilita a separação dos materiais recicláveis e o aproveitamento da fração orgânica do lixo pela sua compostagem.

Aparecem também como pontos negativos de uma usina de triagem:

- Investimento inicial em equipamentos que vão constituir a usina em função das diversas tecnologias existentes e ainda, sobre as melhores técnicas de separação;
- Investimento em treinamento de pessoal pela necessidade de técnicos capacitados para operar a usina;
- A qualidade dos materiais separados da fração orgânica e potencialmente recicláveis não é tão boa quanto da coleta seletiva, devido a contaminação por outros componentes do lixo. No caso do papel por exemplo, a contaminação na maioria das vezes, impede sua reciclagem.

4.4.3 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO

Os principais fatores considerados são as características dos resíduos processados o mercado atual e potencial de composto e recicláveis, regime de trabalho, dados sobre o crescimento populacional prevendo o atendimento da população para um período de, no mínimo 10 anos, paradas para manutenção e limpeza da usina, características do processo escolhido (rendimentos, perdas, tempo de compostagem) e necessidade de área, energia elétrica e abastecimento de água, equipamentos necessários (dimensões, materiais de construção). O local para instalação da usina em área de interesse ambiental, verificar a existência de corpos de água; uso e ocupação do solo nas áreas vizinhas; dados sobre a predominância dos ventos; desvalorização imobiliária e intensificação do tráfego na área decorrente da implantação do projeto. Deve-se elaborar um projeto paisagístico para a usina, tornando o local mais agradável, melhorando a possível má impressão que se possa ter, pelo fato de se estar trabalhando com lixo.

As ações de marketing para venda dos recicláveis e composto orgânico, devem ser feitas pelo empreendedor responsável por meio dos veículos de comunicação disponíveis, utilizando-se de propagandas.

Segundo Chermont (2000), o Estudo de Impacto Ambiental é feito para verificar as conseqüências favoráveis e desfavoráveis para implantação da usina de triagem e compostagem dos resíduos sólidos. O documento aborda a avaliação dos efeitos ecológicos, econômicos e sociais que podem advir da implantação de atividades, monitoramento e controle desses efeitos pelo poder público e pela sociedade, introduzido no sistema normativo brasileiro, pela Lei 6.803/80, no seu artigo 10, parágrafo 3 que tornou obrigatória a apresentação. A Resolução CONAMA 001/86 estabeleceu a exigência de elaboração de “Estudo de Impacto Ambiental – EIA” e o respectivo “Relatório de Impacto Ambiental – RIMA” para o licenciamento de diversas atividades modificadoras do meio ambiente. O Parecer Técnico pela Secretaria de Meio Ambiente resulta de 03 tipos de Licença conforme demonstrado no quadro 03.

Quadro 3: Tipos de Licenças Ambientais.

Licença Prévia (LP)	Concedida na fase preliminar do planejamento do projeto, contém requisitos básicos a serem atendidos nas fases de localização, instalação e operação, observados os planos municipais. Esta licença geralmente requer apresentação do Estudo de Impacto Ambiental (EIA), o qual deverá conter as alternativas tecnológicas e locais consideradas e a análise da viabilidade ambiental do empreendimento.
Licença Prévia (LP)	Concedida na fase preliminar do planejamento do projeto, contém requisitos básicos a serem atendidos nas fases de localização, instalação e operação, observados os planos municipais. Esta licença geralmente requer apresentação do Estudo de Impacto Ambiental (EIA), o qual deverá conter as alternativas tecnológicas e locais consideradas e a análise da viabilidade ambiental do empreendimento.
Licença de Implantação (LI)	Permite o início da implantação das obras e deverá ser apresentada documentação técnica e demais autorizações que comprovem o cumprimento de todas as exigências estabelecidas na fase de LP.
Licença de Funcionamento (LF) ou Licença de Operação (LO)	Permite dar início as atividades normais da usina e requer apresentação de documentos técnicos que comprovem o cumprimento das exigências e condicionantes estabelecidos nas fases anteriores (LP e LI) tais como medidas compensatórias, assinatura de termos de compromisso, entre outras.

Fonte: IBAMA (1998) adaptada pelo autor.

4.4.4 DIMENSIONAMENTO DA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM

Sendo diagnosticada a situação do Município por meio dos levantamentos, avaliações e comparações de alternativas propostas, será feito o dimensionamento da usina de triagem e compostagem tendo como suporte por um lado os recursos e programas de sustentabilidade e por outro lado os investimentos e aspectos legais dando continuidade assim aos procedimentos onde o executor do projeto deve estar atento para cada um dos setores da usina observando as recomendações do quadro 4.

Para viabilização de recursos para implantação do empreendimento deve se levar em consideração os fundos disponibilizados: pela Política Nacional de Saneamento que tem como objetivo central à universalização do atendimento até o ano 2010. Segundo Cardoso (1998) “esta política estabelece que os recursos necessários para atender a demanda neste período (1998-2010) é na ordem de 42 bilhões de dólares para água e esgoto e 4,6 bilhões de dólares para resíduos sólidos”. As condições para empréstimo do Programa Pró-Saneamento na modalidade dos resíduos sólidos está na ordem de 8% de juros ao ano, e a contrapartida de 15% ao ano com prazos máximos de 36 meses para execução e 15 anos para amortização, e os recursos provenientes do Orçamento Geral da União, do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e Banco Mundial são administrados pela Caixa Econômica Federal. O FNMA – Fundo Nacional de Meio Ambiente lançou programas de financiamento na ordem de 08 milhões de reais para o ano de 2002 para as prefeituras elaborarem planos de ação em Implantação e Gerenciamento de resíduos sólidos. Deve-se verificar condições de parceria entre empresas do setor privado, consórcio com municípios vizinhos e comprometimento da população com o projeto. A criação de um grupo da comunidade deve garantir a sustentabilidade do projeto para que fique parcialmente dependente da administração municipal e para que os trabalhadores não precisem ser funcionários da prefeitura e tirem seu sustento exclusivamente da venda dos materiais recicláveis e da matéria orgânica.

Quanto aos investimentos estima-se que o custo médio segundo D’Almeida (2000) por tonelada diária de capacidade instalada de processamento de resíduos sólidos urbanos seria da ordem de US\$ 11 mil para o processo de compostagem natural. Nesse valor não se leva em consideração o capital necessário para aquisição de terrenos, de terraplanagem e preparo do pátio. As informações sobre os custos operacionais são bastante imprecisas e variáveis; a usina com capacidade de até 50 toneladas/dia, por exemplo, operando pelo método natural, apresenta valores entre US\$ 6 e US\$ 10 por tonelada processada excluindo os custos de manutenção e recuperação de capital. A mão-de-obra é o fator que mais influi no custo operacional, pois depende da

capacidade da usina, nível de treinamento dos operadores, grau de beneficiamento dos produtos e estilo gerencial. Na usina o setor que mais emprega mão-de-obra é o de triagem, onde é utilizado aproximadamente um funcionário por metro linear da esteira. A distribuição de funcionários para uma usina proposta de 50 toneladas/dia com uma esteira de 18 metros de comprimento com: 1 gerente, 2 administrativos, 1 técnico de nível médio, 2 motoristas, 2 ou 3 operadores de máquina e 20 a 30 funcionários de mão-de-obra não qualificada.

Devem ser feitas campanhas permanentes em educação ambiental¹⁴ incentivando a participação popular na limpeza e embelezamento da cidade implantando coleta alternativa de resíduos sólidos urbanos considerados seco e úmido. É importante esclarecer ao cidadão o seu papel como gerador de lixo. A educação ambiental pode atingir todas as classes sociais em diferentes segmentos: escolas, residências, escritórios, fábricas, shopping centers, lojas, repartições públicas e outros locais de geração de lixo. Segundo Reichert (1999), se houver um intensivo programa de educação continuada, a segregação de resíduos sólidos na origem será bem feita contribuindo para um menor custo na destinação final dos resíduos sólidos urbanos.

Quadro 4: Características da operação da usina de triagem e compostagem.

Setor	Tecnologia	Operação
Recepção	Balança rodoviária; pátio pavimentado com drenagem; fosso de descarga coberto com captação de chorume; paredes de moegas e tremonhas inclinação mínima de 60º em relação a horizontal.	Pesar os caminhões cheios e vazios; processar resíduos (não tratar varrição e material proveniente de serviços de saúde); retirar materiais volumosos para evitar entupimento da moega; não deixar o lixo parado mais tempo que necessário.

¹⁴ Lei n. 9795, de 27 de abril de 1999, a qual dispõe sobre a Política Nacional de Educação Ambiental.

(Continuação)

Triagem	Utilizar motores elétricos e componentes mecânicos à prova de pó e de água; esteira com largura útil de um metro, velocidade entre 6 e 12 metros por minuto com variação de velocidades dotada de eletroímã na sua extremidade final.	O primeiro operador rasga os sacos de lixo fechados; catadores em lados opostos devem estar intercalados; treinar cada funcionário na seleção de mais de um material; garantir remoção de pilhas, metais e inertes; retirar o plástico filme; executar limpeza e manutenção semanal e aos sábados.
Pátio de Compostagem	Revirador de leiras ou pá carregadeira, a compostagem varia com as características da matéria-prima e da temperatura; leiras com altura entre 1,2 e 1,8 metros, o pátio deve ser impermeabilizado e ter inclinação de cerca de 2/100 para drenagem de chorume. Espaço para peneirar, secar e armazenar o composto.	Revirar as leiras no mínimo duas vezes por semana nos primeiros 15 dias de operação depois 1 vez por semana; umidade entre 50 e 60%, durante a compostagem; placas com identificação e dados nas leiras; monitorar o processo e providenciar correções necessárias.
Beneficiamento	Utilizar peneiras rotativas de seção hexagonal; prever duas malhas para produzir dois tipos de composto, uma de abertura grossa (20 mm) e outra fina (4 mm); fardos de 40 kg guardados ao abrigo de chuva.	Separar e acondicionar os recicláveis em função do mercado; peneirar sempre o composto para sua comercialização.
Outras Instalações	Administração, instalações de utilidade (vestiário, sanitários, refeitórios, manutenção, almoxarifado) situar-se em posições adequadas para facilitar acesso; evitar problemas de perda e contaminação; tratamento de efluentes compatível a usina e com o corpo receptor de seus efluentes.	O almoxarifado deve manter peças de reposição; o aterro de rejeitos e sistemas de tratamento de efluentes operando e monitorado; caso haja incinerador de resíduos de saúde, nas instalações da usina, garantir independência de circuitos dos materiais.

Fonte: D'Ameida (2000) adaptada pelo autor.

4.4.5 ELABORAÇÃO DO PROJETO PARA IMPLANTAÇÃO DA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM

Com os levantamentos dimensiona-se a alternativa da usina de triagem e compostagem, tecnologia adequada, características de operação e implantação. O próximo passo deve ser o projeto da usina, mas se houver qualquer imprevisto volta-se ao diagnóstico da situação, caso contrário, defini-se o projeto enquadrando-se na Resolução CONAMA n. 258 de 30/06/99¹⁵.

Quanto a outros requisitos para implantação da usina, cabe enfatizar a necessidade de integração administrativa e institucional por um período mínimo de um ano das atividades dos serviços de limpeza pública. Isso requer aparelhamento e instrumentalização (legislação) específicos do poder público, tanto na hipótese de operação direta, quanto indireta (terceirização) das fases de implementação e execução das atividades.

Para o modelo proposto de procedimentos para implantação de uma usina de triagem e compostagem a realidade local procedeu-se um estudo de caso com base nas características do Município de Cacoal. Os dados apresentados neste próximo item foram obtidos junto à administração municipal por meio da caracterização do Município de Cacoal e por entrevistas com funcionários da Secretaria de Meio Ambiente, Secretaria de Planejamento em março de 2002.

4.5 AVALIAÇÃO DAS CONSEQÜÊNCIAS PROVENIENTES DA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM

A cidade comporta a usina de porte médio (50 toneladas/dia) para

¹⁵ Resolução CONAMA n. 258 de 30/06/99, aprova as diretrizes para a formulação de uma Política Nacional de Gestão de Resíduos Sólidos.

atender a demanda dos resíduos sólidos pelo menos até a próxima década, se o lixo gerado manter a normalidade em relação a quantidade produzida conforme constatou-se durante o período de pesquisa (2000 e 2002).

Os benefícios gerados para a população e administração pública são muitos, dentre eles pode-se destacar:

- Evita que os catadores que hoje se encontram no lixão como ilustra a figura 22, fazendo triagem e mesmo aqueles que já recolhem nas ruas em carrinhos adaptados tenham destinos certos para vender seus produtos recicláveis, e que possam ser tratados com mais dignidade;
- Evita que nas vias públicas haja tanto lixo putrecível misturado ao lixo seco responsável por maus odores e impregnados de moscas, muitas vezes remexidos por cães;
- A coleta do lixo nas residências passa a ser diferenciada, a segregação passa a ser feita na fonte em 2 tipos de compartimentos, sendo um para o material seco e o outro para o material úmido, o qual será recolhido em dias alternados da semana pelos veículos coletores da prefeitura e levados para a usina de triagem e compostagem.
- Economia para a prefeitura pelo fato do galpão ter um custo baixo e a área destinada ao novo aterro dos rejeitos que não podem ser compostados e nem reciclados, ser menor que o aterro atual;
- Os caminhões coletores reduzem o consumo de combustível pelo fato de não fazerem rotas desnecessárias nos setores para completar a capacidade máxima de carregamento;
- A operacionalização da usina pode ser feita pelos associados da cooperativa, gerando renda própria com a venda de materiais secos separados para reciclagem. Quanto ao composto orgânico a

prefeitura consume e também pode ser vendido o restante para particulares e interessados no adubo orgânico. A usina deve ser operacionalizada como uma empresa, a gestão pode ser pública, mas é preciso cuidar para que mudanças do poder público administrativo, típicas da realidade política não venham a afetar o modelo.

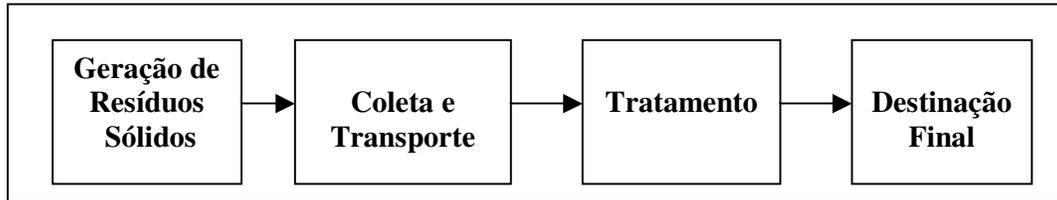
- Os benefícios econômicos permitem alcançar a redução em torno de 15% de materiais inertes, 65% de material orgânico e o restante em torno aproximado de 20% como rejeitos que irão ser destinados ao aterro controlado que continua sendo necessário para o destino final de refugos do processo de triagem e compostagem, além de outros resíduos não tratados na usina.
- O Município dispõem de Lei Orgânica para incentivo a instalação e implementação de indústrias conforme anexo 04.
- É importante observar que durante a pesquisa os dados bibliográficos apontam que todos os projetos do qual se tem conhecimento que deu certo e ainda sobrevive, são os que já tem ao menos 10 anos de implantação e funcionamento, sendo modificados, reestruturados e readaptados conforme a realidade de cada município.

Prevendo-se à expansão urbana e o aumento da população, cada vez mais haverá aumento substancial da geração de resíduos sólidos urbanos.

Face as exigências para liberação dos recursos disponibilizados pelo Fundo Nacional de Meio Ambiente – FNMA para os planos de ação em Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Urbanos dos municípios brasileiros, a cidade de Cacoal se enquadra na implantação do aterro controlado, de uma unidade de triagem e compostagem e a coleta seletiva, esta última com um custo bem elevado, pela quantidade de lixo produzido por sua população.

Visando todo esse aspecto, pode-se elaborar um novo fluxograma para o lixo no Município de Cacoal, como mostra a figura 16.

Figura 16: Fluxograma Proposto para o Gerenciamento de Resíduos Sólidos na Cidade de Cacoal – RO.



Fonte: Próprio Autor.

Sendo avaliado neste âmbito, o procedimento para aproveitamento de resíduos sólidos por meio da usina de triagem e compostagem apresentado, é uma alternativa viável economicamente para a realidade do Município em função da quantidade ofertada de lixo, pelos benefícios sociais e geração de receitas direta e melhorias de saneamento, somando-se ao fato de toda área urbana do município ser servida de água potável de boa qualidade; rede de esgoto atendendo 60% da população urbana e sendo a única cidade do Estado que trata o esgoto antes de lança-lo no corpo receptor, agregando assim a vantagem de ter um saneamento adequado aos padrões do século XXI.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Neste trabalho foi estudado alternativas para aproveitamento de resíduos sólidos urbanos gerados pela população, objetivando diminuir os impactos econômicos, sociais e ambientais do desequilíbrio entre a produção desses resíduos e as possibilidades de dispô-lo corretamente.

5.1 CONCLUSÕES

Constata-se que a situação dos resíduos sólidos urbanos nos municípios de pequeno porte de forma geral é muito séria e se enquadra dentro das maiores preocupações das administrações públicas.

O levantamento de informações sobre os resíduos sólidos foi baseado em revisão bibliográfica onde agrega-se conceitos, histórico, origem, classificação, impactos econômicos, sociais e ambientais. Aborda-se formas de tratamento como a reciclagem que trata do aproveitamento dos resíduos sólidos de várias maneiras, inclusive como matéria prima para a indústria gerar novamente o mesmo produto, a compostagem como alternativa de aproveitamento

dos resíduos sólidos orgânicos para produção de fertilizante orgânico. Leva-se em consideração a compostagem com maior ênfase, devido à constatação resultante das informações obtidas nas pesquisas indiretas e principalmente diretas, no qual constatou-se uma grande oferta de material orgânico passível de aproveitamento e que vêm sendo desperdiçado.

A quantificação dos resíduos sólidos urbanos na área em estudo deve ser baseado em inventários atualizados periodicamente que se encontram nos órgãos municipais responsáveis, caso contrário, deve ser seguido o mesmo procedimento da pesquisa apresentada. No Município de Cacoal a quantificação foi acompanhado *in loco* durante o período de uma semana, dando possibilidade de desenvolver e avaliar melhor a proposta da pesquisa.

As alternativas de aproveitamento dos resíduos sólidos urbanos devem ser compatíveis com a real situação de cada Município, visando redução de impactos ambientais, econômicos e sociais.

A metodologia proposta de aproveitamento dos resíduos sólidos urbanos foi simulada no Município de Cacoal – RO, tendo como alternativa de aproveitamento a triagem e compostagem por meio de uma usina de porte médio com capacidade de triagem até 50 toneladas/dia; em função da oferta do lixo. Os recursos para viabilizar este tipo de projeto enquadra-se na atual política nacional de saneamento do Brasil, dentro do programa do Fundo Nacional de Meio Ambiente – FNMA no Plano de Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos dos Municípios.

As conseqüências da implantação da usina de triagem e compostagem apontam vantagens para o Município do ponto de vista pesquisado e economicamente. Como exemplo, melhoraria as condições de vida das mais de 30 famílias que em março de 2002 tinham sua renda proveniente da catação de resíduos sólidos no aterro controlado. Outro detalhe é o fato de que uma cidade quando cuida convenientemente dos resíduos sólidos gerados pelos seus habitantes já constitui um retorno, traduzido pela melhoria da qualidade de vida, além de que a implantação de uma usina de triagem e compostagem de

médio porte que leva cerca de 6 meses para implantação a um custo acessível, isso traria divisas por meio da reciclagem e compostagem.

5.2 RECOMENDAÇÕES

Para subsidiar futuros trabalhos além da utilização de pesquisas bibliográficas, recomenda-se utilizar pesquisas *in loco*, partindo de estratégias que analisem as conseqüências do problema apresentado.

Deve-se observar o crescimento populacional dos municípios para que novos estudos com maior abrangência possa dar suporte a iniciativas de aproveitamento da produção de resíduos sólidos superior a 50 toneladas/dia pelo fato que a viabilidade de implantação de usinas de triagem e compostagem com quantidades maiores que 50 toneladas/dia, necessariamente requer procedimentos diferenciados no qual a destinação dos recicláveis requer maiores e melhores mercados potenciais.

Para melhor auxiliar os pesquisadores que tem interesse nessa região, é necessário se fazer levantamentos estatísticos relacionados as características qualitativas e quantitativas dos resíduos sólidos produzidos no Município de Cacoal, bem como no Estado de Rondônia, elaborando-se um inventário para embasamento de futuros trabalhos e pesquisas. Além disso, tornar acessível para futuros pesquisadores a apuração de dados *in loco* quando necessário, transpondo exigências burocráticas relativas a aprovação de projetos neste sentido pelos órgãos oficiais responsáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, Willian Lopes. **Compostagem e vermicompostagem no tratamento de lixo urbano**. Jaboticabal: Funep, 1996. 47 p.

BAHIA, Mery. **Aumenta interesse pela agricultura orgânica na Bahia**. Revista Brasileira de Agropecuária. Ano 1, n. 9. 2001, p 15-17.

BLEY JR, Cícero. **As usinas de processamento de lixo no Brasil**. Disponível em Ecoltec .com-Publicações Técnicas [http:// www.ecoltec.com.br/publicações técnicas.htm](http://www.ecoltec.com.br/publicações_técnicas.htm). Acesso em 16.05.2001(3 p.)

_____, **A gestão de resíduos sólidos orgânicos–compostagem**. Disponível em Ecoltec.com-Publicações Técnica[http:// www.ecoltec.com.br/publicações técnicas.htm](http://www.ecoltec.com.br/publicações_técnicas.htm). Acesso em 16.05.2001(14 p.)

_____, **Destruição de patógenos e compostagem de biosólidos**. Disponível em Ecoltec.com-Publicações. Técnicas [http:// www.ecoltec.com.br/publicações técnicas.htm](http://www.ecoltec.com.br/publicações_técnicas.htm). Acesso em 16.05.2001 (16 p.)

CAMPBELL, STU. **Manual de compostagem para hortas e jardins**: como aproveitar bem o lixo orgânico doméstico; tradução de Marcelo Jahnel. São Paulo: Nobel, 1999. 144p.

CARDOSO, Nadjá L. **Financiamento de Projetos de Coleta e Destinação Final de Resíduos Sólidos**. In: Simpósio Sobre a Reciclagem de Lixo Urbano para fins industriais e Agrícolas, Belém, 1998. **Anais**: Belém, PA, Embrapa Amazônia Ocidental, 2000, p.197-200.

CHERMONT, Larissa. **Educação Ambiental e Fontes de Financiamento**.In: Simpósio Sobre a Reciclagem de Lixo Urbano para fins Industriais e Agrícolas, Belém, 1998. **Anais**: Belém, PA, Embrapa Amazônia Ocidental, 2000, p.201-202.

D'ALMEIDA, M.Luiza; VILHENA, André. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. 2.ed. São Paulo: IPT/CEMPRE, 2000. 370 p.

DIAS, Genebaldo F. **Educação Ambiental: Princípios e Práticas**, São Paulo, Editora Gaia, 6. ed. Revisada e Ampliada, 2000.

FRANCISCO NETO, João. **Manual de horticultura ecológica: guia de auto-suficiência em pequenos espaços**. São Paulo: Nobel, 1995. 57-76p.

FIGUEIREDO, Fernando.E.R. **Agricultura Alternativa Versus Convencional**. Revista Brasileira de Agropecuária. Ano 1 n. 9. 2001, p. 18-20.

HOMMA, Alfredo K. O. **Criando um Preço Positivo para o Lixo Urbano: A Reciclagem e a Coleta Informal**. In: Simpósio Sobre a Reciclagem de Lixo Urbano para fins industriais e Agrícolas, Belém, 1998. **Anais** : Belém, PA, Embrapa Amazônia Ocidental, 2000, p.137-145.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Anuário 1999.

_____ - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – Anuário de 2000.

IPT. **Avaliação Técnico Econômica da Produção de Composto Orgânico**. São Paulo-SP, 1993, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 4v. (IPT – Relatório 3/659), 1993.

JAHNEL, Marcelo C. **Compostagem: A outra metade da reciclagem**. São Paulo. IPT/CEMPRE, 1997. 30p.

JAMES, Bárbara. **Lixo e Reciclagem**. São Paulo, Scipione, 1997. 43p.

JARDIM, N. S. et al. **Lixo Municipal: Manual de gerenciamento integrado**. 1.ed. São Paulo. Instituto de Pesquisas Tecnológicas: CEMPRE, 1995. 278 p.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes Orgânicos**. São Paulo: Ceres, 1985. 492 p.

_____. **Manual de Compostagem – Maturação e Qualidade do Composto**. Piracicaba, E.J.Kiehl. 1998. 171p.

KOEPF, H.H. **Composto**. O que é - como é feito - o que faz. Artigo “Bio - dinâmica” nº 77, publicado pela Associação Beneficente Tobias. Botucatu, 1976. 22 p.

LINDENBERG, R. C. **60 Questões Sobre a Compostagem**. São Paulo, 1992, 15 p.

MEDEIROS, João B. **Redação Científica: a prática de fichamentos, resumos, resenhas**, 4.ed. São Paulo, Atlas, 2000. 237p.

PEIXOTO, Ricardo T.G. **Compostagem – Opção para o manejo orgânico do Solo**. Londrina, IAPAR, 1988. Circular, 57. 48p.

PEREIRA NETO, J.T. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos em Municípios de Pequeno Porte.** Revista Ciência e Ambiente, número 18, Santa Maria-RS, 1999. 42-52p.

_____. **Produção de Composto Orgânico a Partir do Lixo Urbano.** In: Simpósio Sobre a Reciclagem de Lixo Urbano para fins industriais e Agrícolas, Belém, 1998. **Anais:** Belém, PA, Embrapa Amazônia Ocidental, 2000, p.181-182.

PRIMAVESI, Ana. **Agricultura Sustentável.** São Paulo, Editora Nobel, 1992

OLIVEIRA, Ovídio A. **Assim é Rondônia.** Porto Velho. Editora Dinâmica, 2000. 194 p.

REICHERT, Geraldo A. **Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos:** uma proposta inovadora. . Revista Ciência & Ambiente, número 18, Santa Maria-RS, 1999. 53-68p.

REIS, M. F.P., e REICHERT, G.A., e BRITO, M.J.P. **Segregação na Origem:** uma solução para a qualificação do composto produzido em unidade de triagem e compostagem de resíduos sólidos. In: XXVII CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Porto Alegre, 2000, **Artigo:** Porto Alegre-RS, ABES 2000. 6p.

REVISTA Agricultura Orgânica. **O Bom Adubo Feito do Lixo – AS –PTA** documentação n. 6201u, São Paulo SP. 1991, p 96-101.

SILVA, Edmilson B. **Compostagem de Lixo na Amazônia:** Insumos para a Produção de Alimentos. In: Simpósio Sobre a Reciclagem de Lixo Urbano para fins industriais e Agrícolas, Belém, 1998. **Anais:** Belém, PA, Embrapa Amazônia Ocidental, 2000, p.57-64.

SEBRAE/ 2000 – **A Reciclagem do Lixo.** Folder informativo. Sebrae-RO.

_____, / 1999 – **Diagnóstico Socioeconômico: Cacoal.** Série PRODER Programa de Emprego e Renda. Porto Velho: SEBRAE/RO, 1999. 72p.

TAGUCHI, Viviane. **Lixo Orgânico = Fertilizante.** Revista Escala Rural, Ano 3, n. 9 São Paulo, S.P. – Ed. Globo, jun 2001, p. 26-31.

TEIXEIRA, Marco A.D., e FONSECA Dante R. **História Regional:** Rondônia, 2. ed., Porto Velho – RO, 1998, Editora Rondoniana, 1998, 241 p.

TREVISANE, Olseno: **Ceplac / 2001** – Folder informativo.

VAILATI, Jorge. **Agricultura Alternativa e Comercialização de Produtos Naturais:** I.B.D – Instituto Biodinâmico de Desenvolvimento Rural, Botucatu, SP, 1998. 71p.

VILHENA, André. **Guia da Coleta Seletiva de Lixo.** São Paulo, CEMPRE – Compromisso Empresarial para Reciclagem, 1999 – 84 p.

WAGNER, Dirce M.K., **Educação Ambiental para o Cidadão**. In: Simpósio Sobre a Reciclagem de Lixo Urbano para fins industriais e Agrícolas, Belém, 1998. **Anais**: Belém, PA, Embrapa Amazônia Ocidental, 2000, p.157-164.

WEID, Jean M. **Métodos de Compostagem Rápida**. Projeto T. A/Fase – Textos, Rio de Janeiro, RJ, 1987, 32 p.

WELLS, Christopher: **Caderno de Reciclagem 2**: O papel da Prefeitura, 3.ed, CEMPRES – Compromisso Empresarial Para Reciclagem, São Paulo, 1997. 40p.

BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

OLIVEIRA, Elísio M. et al. **AMAZÔNIA: Uma Proposta Interdisciplinar de Educação Ambiental** – Temas Básicos. Brasília. Ed. IBAMA. 1994. 334p.

BARRETTO, Celso “Xim”. **Prática em Agricultura Orgânica**. Coleção Brasil Agrícola. São Paulo, Ícone Editora, 1985. 195p.

BENETTI, Monica. **Modelo Metodológico para Formulação e Implantação de Programas de Coleta Seletiva em Municípios de Pequeno Porte**. Florianópolis, 2000, 154f. Dissertação Mestrado em Eng. Ambiental. UFSC, 2000.

EGREJA FILHO, F. B. & PEREIRA NETO, J.T. **Metais Pesados na Compostagem**: uma contribuição ao estado da arte. In: XVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Salvador – BA, 1995, 13 p.

FERNANDES, M. **Boa Vizinhança**. Veja, São Paulo 30(14), 9 abr. 1997. 67-68p.

FERREIRA, M.L.S. 2000. **Proposta de um sistema alternativo de coleta seletiva de resíduos sólidos domiciliares, executada por catadores na cidade de Cianorte-Pr**. Florianópolis, UFSC. 176 f. Diss. Mestr. Eng. Produção.

GUIJT, Irene. **Monitoramento participativo**: conceitos e ferramentas práticas para a agricultura sustentável. Rio de Janeiro: AS-PTA. 1999. 143 p.

IAPAR. **Adubação Orgânica**: Fundação Instituto Agrônomo do Paraná. Ano VIII, número 59, Londrina, 1984, ISSN-01009508. 33p.

LERÍPIO, A. A. 1996. **Caracterização química e eficiência agrônômica de resíduos sólidos agroindustriais**. Pelotas, Universidade de Pelotas. 105 f. Diss. Mestr. Agronomia, Solos.

MARAJÓ pode ficar livre de enchente. O Liberal, Belém-PA, 24 fev. 1995, p.7.

MARTIN, Paulo San. **Adubação Orgânica**: Nova síntese no caminho para a Agricultura. Coleção Brasil Agrícola, São Paulo, Ícone Editora, 1986. 99p.

MEDEIROS, Caio P. S. **Hipóteses sobre os impactos ambientais dos estilos de desenvolvimento na América Latina a partir dos anos 50.** Série Meio Ambiente, nº 29. Brasília, Ed. IBAMA, 1999. 42p.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO E CULTURA. **Educação Ambiental:** A implantação da educação ambiental no Brasil. Disponível em <http://www.mec.gov.br/ambiente>. Acesso em 06.06.2002. 04p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Resoluções.** Disponível em <http://www.mma.gov.br/conama/resoluções>. Acesso em 06.06.2002. 20p.

_____, **Legislação Ambiental.** Disponível em <http://www.mma.gov.br/conama/resoluções>. Acesso em 06.06.2001. 07p.

NOGUERA, Jorge O. C. **Modelo de Gestão Ecológica para Resíduos Sólidos Urbanos em Municípios de Pequeno Porte no Estado do Rio Grande do Sul,** Florianópolis, 2000. 186p. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção, UFSC, 2000.

ROBERTO, Lázaro S. **Bioexton** : Tecnologia de Produção de Biofertilizante Organomineral . Disponível em Bioexton . com – Documentos <http://www.bioexton.com.br/default.asp/htm>. Acesso em 10.07.2001. 16 p.

ROBINSON, Mark. **Avaliação participativa de impacto:** reflexões provenientes do trabalho de campo. Rio de Janeiro: AS-PTA. 1994. 23 p.

SAKAKIBARA, Chuzo. **O Fundamento da Agricultura Natural.** São Paulo, Fundação Mokiti Okada-MOA. 1998. 46p.

SCARLATO, Francisco C., PONTIN, Joel A. **Do Nicho ao Lixo:** Ambiente, Sociedade e Educação, São Paulo, Editora Atual, 1991. 45p.

SILVA-SANCHEZ, Solange S. **Cidadania Ambiental:** Novos direitos no Brasil, São Paulo: Humanitas, FFLCH- Fac. De Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo - USP. 2000. 203 p.

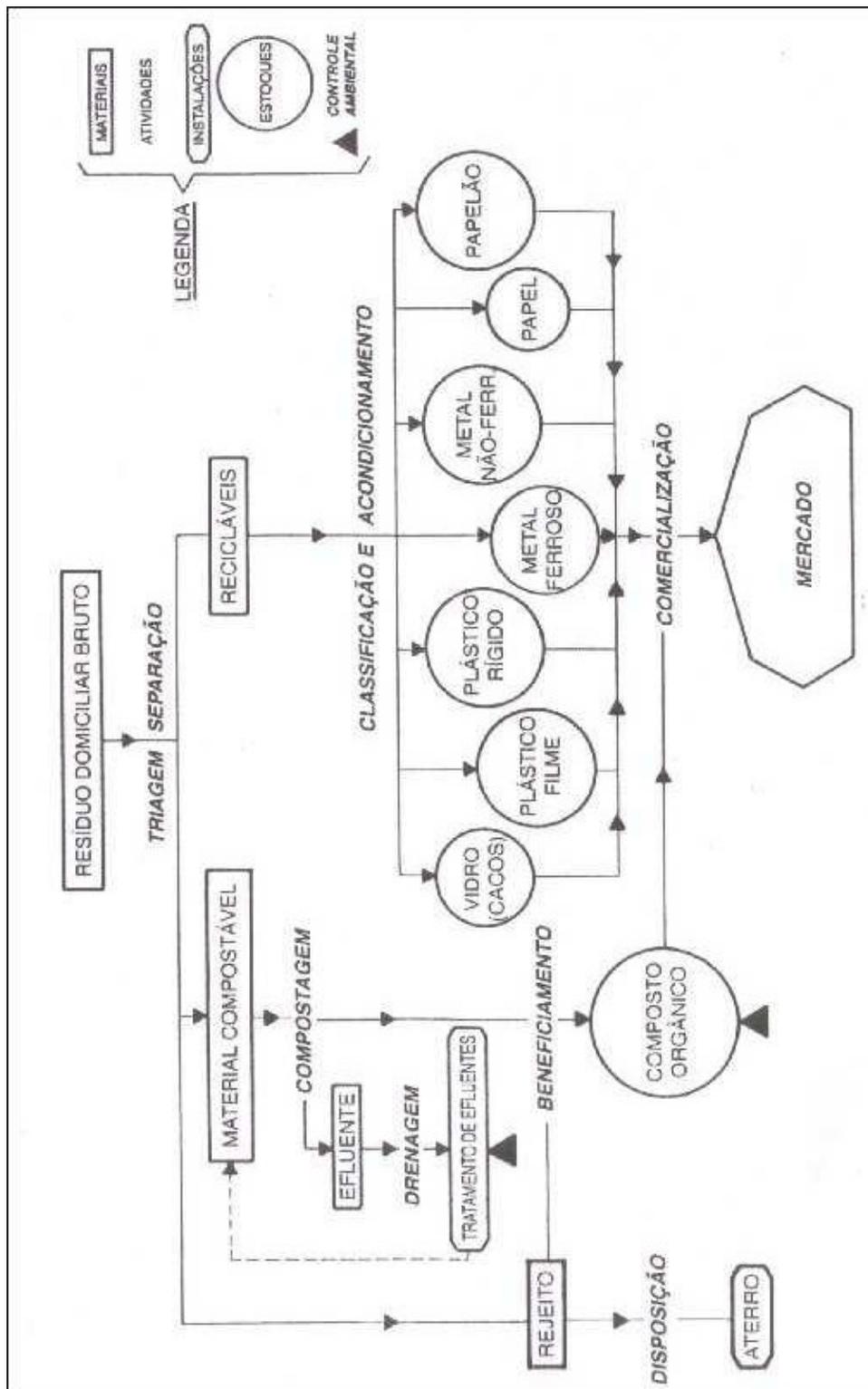
SILVIA, E. J. & MENEZES, E.M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação.** Florianópolis. Laboratório de ensino a distância. UFSC, 2000. 118p.

Anexo 2 - População residente nos Municípios dos Estado de Rondônia

MUNICÍPIOS	URBANA	RURAL	TOTAL
Alta Floresta	12 326	14 185	26 511
Alto Alegre	2 449	10 249	12 698
Alto Paraíso	4 027	9 101	13 128
Alvorada d'Oeste	8 537	11 283	19 454
Ariquemes	54 875	19 454	74 329
Buritis	15 164	10176	25 340
Cabixi	2 672	4 845	7 517
Cacaulândia	1840	3 503	5 343
Cacoal	51 359	22 168	73 527
C.Novo de Ro.	2 995	8 451	11 446
Candeias do Jam.	9 351	3 760	13 111
Castanheiras	773	3 436	4 209
Cerejeiras	14 826	3 354	18 180
Chupinguaia	1 953	3 561	5 514
Colorado d'Oeste	14 665	7 333	21 998
Corumbiara	2 074	8 390	10 464
Costa Marques	6 758	3 452	10 210
Cujubim	3 187	3 341	6 528
Espigão d'Oeste	14 248	11 428	25 676
Gov. Jorge Teix.	1 558	12 084	13 642
Guajará-Mirim	33 004	5 008	38 012
Itapuã d'Oeste	3 671	3 145	6 816
Jaru	29 229	23 579	52 808
Ji-Paraná	90 983	15 785	106 768
Machadinho	10 962	11 755	22 717
Minist. Andreazza	2 162	9 179	11 341
Mirante da Serra	5 723	7 419	13 142
Monte Negro	5 636	6 887	12 523
Nova Brasilândia	6 425	10 636	17 061
Nova Mamoré	7 241	7 528	14 769
Nova União	1 329	6 895	8 224
Novo Horizonte	1 330	10 932	12 262
Ouro P. do Oeste	26 519	14 344	40 863
Perecis	1 132	2 483	3 615
Pimenta Bueno	26 417	5 325	31 742
Pimenteiras	1 398	1 128	2 526
Porto Velho	273 496	61 089	334 585
Presidente Médici	12 165	14 177	26 342
Primavera de RO	1 158	3 153	4 311
Rio Grespo	866	2 077	2 943
Rolim de Moura	34 322	12 963	47 285
Sta Luzia d' Oeste	4 886	6 715	11 601
São Felipe d'Oeste	1 031	6 022	7 053
São F. do Guaporé	5 229	5 855	11 084
São M.do Guaporé	6 454	17 397	23 851
Seringueiras	3 800	7 859	11 659
Teixeirópolis	1 161	4 465	5 626
Theobroma	1 510	9 614	11 124
Urupá	3 996	10 880	14 876
Vale do Anari	1 832	5 881	7 713
Vale do Paraíso	1 840	8 022	9 862
Vilhena	50 504	2 993	53 497
Total - Rondônia	883 048	494 744	1 377 792

Fonte: IBGE - Cacoal - Senso em 01.08.2000

Anexo 3 - Fluxograma de materiais numa usina de triagem e compostagem



Anexo 4 – Lei n.º 162/PMC-88

Estado de Rondônia Prefeitura Municipal de Cacoal

Lei n.º 162/PMC- Cacoal-RO, 21 de setembro de 1988.

Cria o “Parque Industrial de Cacoal-RO” e dá outras providências.

O Prefeito Municipal de Cacoal,
Faço saber que a Câmara municipal de Cacoal aprovou e eu sanciono a seguinte
Lei:

Art. 1.º - Fica criado o “Parque Industrial de Cacoal”, localizado na BR 364, Lote 11B, Gleba 10, que passa a integrar o perímetro urbano da cidade.

Art. 2.º - O Município, através de seus órgãos competentes, providenciará:

- a) Delimitação da área do Parque Industrial;
- b) Plano de arruamento, parcelamento e zoneamento da área abrangida pelo Parque Industrial, integrando-o ao zoneamento existente do período urbano;
- c) Projetos e Estudos de implantação de rede de abastecimento de água, luz e comunicação telefônica;
- d) Amplo acesso ao Parque, possibilitando manobras de veículos leves e pesados;
- e) Outras providências necessárias.

Art. 3.º - Fica criado o conselho de desenvolvimento industrial de Cacoal, que será composto de:

- I. Prefeito ou um representante;
- II. Um vereador indicado pela Câmara;
- III. Um representante da ACIC;
- IV. Um representante da Associação do Comércio varejista;
- V. Um representante da Ordem dos Advogados, Sub – Seção de Cacoal;
- VI. Um representante da associação dos Engenheiros de Cacoal;
- VII. Um representante da Associação Agro – Pecuária de Cacoal;
- VIII. Um representante da Associação dos Médicos de Cacoal.

Art. 4º - Compete ao Conselho de Desenvolvimento Industrial de Cacoal (C.D.I.C):

- a) Organizar seu Estatuto ou Regimento Interno e eleger entre seus membros, um presidente, um secretário e um tesoureiro;
- b) Organizar Departamento de publicidade e de colocação de mão – de – obra;
- c) Planificar e dirigir ações voltadas a implantação efetiva de indústrias no Parque;
- d) Manter contato permanente com as indústrias existentes no Município, facilitando e auxiliando o seu desenvolvimento;
- e) Procurar atrair e incentivar novas indústrias, através de trabalhos que demonstrem nossas potencialidades econômicas, bem como as facilidades e isenções proporcionadas pelo Poder Público Municipal;
- f) Solicitar ao Poder Executivo Municipal tudo o que necessitar para o fiel desempenho de suas funções;
- g) Enviar ao Executivo relatório de suas decisões sobre aprovações e rejeições de projetos submetidos a sua análise;
- h) Informar ao Executivo Municipal, juntando cópias dos projetos aprovados, para os previstos nos artigos 5º e 6º

Art. 5º - Fica o Poder Executivo municipal autorizado a conceder isenção de alvará, taxas, contribuição de melhorias, serviços públicos e ISS sobre a edificação por um período de até cinco anos, às empresas que vieram a se instalar no Parque Industrial ou aquelas que venham a promover ampliações, ainda que instaladas fora da área acima descrita.

§ 1º - Os benefícios previstos no caput desde artigo, somente serão concedidos após parecer do CODIC, observados os parâmetros de números de empregos gerados, valor bruto de produção e demais benefícios oriundos do empreendimento.

§ 2º - A isenção prevista no caput para as empresas que promoverem ampliações, dentro ou fora da área do Parque, obedecerá a proporção da seguinte tabela:

Percentual de Aumento	Período de Isenção
De 20 a 30%	01 ano
De 31 a 40%	02 anos
De 41 a 50%	03 anos
De 51 a 60%	04 anos
Acima de 61%	05 anos

§ 3º - A empresa que receber os benefícios previstos na parágrafo anterior e durante a isenção vier a desativar parcialmente voltando à sua condição inicial, perderá os benefícios concedidos;

§ 4º - A isenção prevista no § 2º somente será concedida sobre o percentual ampliado e após o início das atividades a ele inerentes.

Art. 6º - A empresa que em razão de sua atividade também estiver obrigada ao recolhimento mensal de ISS, será isenta na proporção da Tabela abaixo:

Início da atividade até 01 ano de funcionamento			100%
13 meses	a	24 meses	80%
25 meses	a	36 meses	60%
36 meses	a	48 meses	40%
48 meses	a	60 meses	20%
61 meses em diante extingue a isenção.			

§ Único - O percentual de isenção previsto no caput deste artigo em caso de ampliação, somente se aplica sobre a ampliação.

Art. 7º - O Poder Executivo Municipal após aprovação de projeto de instalação de indústria pelo CODIC, outorgará escritura pública de doação com encargos da área indispensável para as obras, desde que o interessado apresente projeto com obediência das normas técnicas.

§ 1º - Da Escritura Pública com encargos constará obrigatoriamente os prazo e exigências de implantação da indústria, cujo descumprimento dará ao Poder Público o direito de retomada independente de indenização por benfeitorias;

§ 2º - Poderá a indústria donatária oferecer o imóvel em garantia real, perante instituições financeiras, desde que o produto do financiamento reverta integralmente à edificação ou aquisição de maquinários objeto de projeto de viabilidade aprovado pelo CODIC.

Art. 8º - Esta lei entrará em vigor na data de sua publicação, revogando – se as disposições em contrário.

PALÁCIO DO CAFÉ, aos 21 (vinte e um) dias mês de setembro do ano de um mil novecentos e oitenta e oito (1988).

JOSINO BRITO
(Prefeito Municipal)

Estado de Rondônia
Prefeitura Municipal de Cacoal

Lei n ° 433/PMC/93

Altera a Lei 162/PMC/88 e dá outras providências.

O PREFEITO MUNICIPAL DE CACOAL faz saber que a Câmara Municipal de Cacoal aprovou e ele sanciona a seguinte Lei;

Art. 1 ° Fica alterado o Art. 3 ° da Lei no. 162/PMC/88 com a seguinte redação:

Art. 3 ° O Conselho de Desenvolvimento Industrial de Cacoal passará a ter a seguinte composição:

- I. Prefeito ou Representante
- II. Um Vereador indicado pela Câmara;
- III. Um representante da ACIC;
- IV. Um representante da Ordem dos Advogados do Brasil – OAB – subseção de Cacoal – RO;
- V. Um representante do Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia – CREA – Inspeção Regional de Cacoal.
- VI. Revogado.
- VII. Revogado.
- VIII. Revogado.

Parágrafo Único. O Conselho de Desenvolvimento Industrial de Cacoal terá o prazo de 90 (noventa) dias para apresentar estudo sobre a alteração da Lei no. 162/PMC/88, adequando-a à nova realidade.

Art. 2 ° Fica alterado o § 1 ° do Art. 5 ° com a seguinte redação:

Art. 5 °

§ 1 ° Os benefícios previstos no caput deste artigo somente serão concedidos após Parecer da Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômica Social e Coordenação”.

Art. 3 ° Fica alterado o Art. 7 ° com a seguinte redação:

Art. 7º O Poder Executivo Municipal, depois de aprovado o projeto de instalação de indústrias pela Secretaria municipal de Desenvolvimento Econômico Social e coordenação, e após aprovação da Câmara Municipal, outorgara escritura pública de doação com os encargos da área indispensável para as obras, desde que o interessado apresente projeto, com obediência das normas técnicas.

§ 1º

§ 2º

§ 3º A Prefeitura Municipal de Cacoal outorgará escritura pública de doação das áreas ocupadas pelas indústrias instaladas e em pleno funcionamento na proporção constante dos mapas, em anexo”.

Art. 4º Esta Lei entrará em vigor na data de sua publicação, revogando-se as disposições em contrário.

Cacoal-RO., 18 de outubro de 1993.

ORLANDINO RAGNINI
Prefeito Municipal

SILVERIO DOS S. OLIVEIRA
Assessor Jurídico

ESTADO DE RONDONIA
PREFEITURA MUNICIPAL DE CACOAL

Lei n ° 582/PMC/95

Altera a Lei n ° 162/PMC/88, alterada pela Lei n ° 433/PMC/93
- Cria o Parque Industrial de Cacoal e dá outras providências.

O PREFEITO MUNICIPAL DE CACOAL, no uso de suas atribuições legais, faz saber que a CÂMARA MUNICIPAL DE CACOAL aprovou a ele sancionar a seguinte Lei:

Art. 1 ° - Fica alterado o Artigo 7 ° da Lei n ° 162/88, alterado pelo Art. 3 da Lei n ° 433/93 e o § 2 °, com a seguinte redação:

“Art. 7 ° - O Poder Executivo Municipal, depois de aprovado o Projeto de Instalação de Indústrias pela Secretaria Municipal de Planejamento e, após a aprovação da Câmara Municipal, outorgará escritura pública de doação com os encargos da área indispensável para as obras, desde que o interessado apresente projeto, com obediência das normas técnicas.

§ 1 °

§ 2 ° A Donatária poderá oferecer o imóvel ora doado em garantia real junto às instituições financeiras, desde que o financiamento seja para a edificação ou aquisição de maquinários, referente ao projeto de viabilidade aprovado pelo CODIC, sendo que neste caso, fica em favor do doador a garantia por hipoteca em segundo grau.

§ 3 °

Artigo 2 ° - Esta Lei entrará em vigor na data de sua publicação, revogando-se as disposições em contrário.

Cacoal-RO, 19 de abril de 1995.

ORLANDINO RAGNINI
(Prefeito Municipal)

SILVERIO DOS SANTOS OLIVEIRA
(Assessor Jurídico)

ESTADO DE RONDONIA
PREFEITURA MUNICIPAL DE CACOAL
ADVOCACIA GERAL

Lei n ° 947/PMC/99

ALTERA O CAPUT DO ARTIGO 5 ° DA LEI N °
162/PMC/88, e dá outras providências.

O PREFEITO MUNICIPAL DE CACOAL, no uso de suas atribuições legais, faz saber que a Câmara Municipal de Cacoal, aprovou e ele sanciona a seguinte Lei:

Art. 1 ° - O caput do artigo 5 ° da Lei n ° 162/88, passa a vigorar com a seguinte redação:

Art. 5 ° - Fica o Poder Executivo Municipal, autorizado a conceder isenção de alvará, taxas, contribuição de melhorias, serviços públicos e ISS sobre edificação, por período de até cinco anos, às indústrias que vierem a se instalar no Parque Industrial ou no município de Cacoal ou aquelas que venham a promover ampliações.

Artigo 2 ° - Esta Lei entrará em vigor na data de sua publicação, revogando-se as disposições em contrário.

Cacoal-RO, 17 de março de 1999.

DIVINO CARDOSO CAMPOS
(Prefeito Municipal)

JUVENILÇO I. DECARLI – OAB/RO 248/A