

GUSTAVO OLIVEIRA BORGES

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE USINA DE
COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNICÍPIO DE PINHAIS,
PARANÁ: ASPECTOS TÉCNICOS E AMBIENTAIS.**

CURITIBA

2009

GUSTAVO OLIVEIRA BORGES

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE USINA DE
COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNICÍPIO DE PINHAIS,
PARANÁ: ASPECTOS TÉCNICOS E AMBIENTAIS.**

Trabalho apresentado para obtenção
do título de especialista em gestão
ambiental do curso de Pós graduação
MBA em Gestão Ambiental,
Departamento de Economia Rural e
Extensão, Setor de Ciências Agrárias
da Universidade Federal do Paraná -
UFPR

Orientador: Prof. Dr. Rubens Secco

CURITIBA

2009

RESUMO

O presente estudo se propõe de forma resumida e objetiva a avaliar a viabilidade ambiental e técnica de implantação de uma usina de compostagem de resíduos sólidos no município de Pinhais-PR. O confronto de informações relativas à tipologia do empreendimento com os aspectos físicos, bióticos e legislativos e principais características das tecnologias disponíveis e métodos mais comumente empregados, permite avaliar impactos positivos e negativos, úteis para determinação de um prognóstico e viabilidade de uma nova alternativa para a gestão de resíduos urbanos do município em questão. Como métodos de avaliação foram consultados os dispositivos legais aplicáveis à gestão de resíduos e à tipologia do empreendimento, bem como as principais tecnologias e metodologias de tratamento de resíduos sobre o aspecto da compostagem, aliadas ao levantamento genérico das condições do ambiente no município de Pinhais-PR. A consonância com o zoneamento do município e especificidades de atributos naturais da paisagem são os maiores aspectos para consideração em relação à atividade avaliada. A realidade da geração e demanda de tratamento, aliada as peculiaridades ambientais indicam que o uso do método de compostagem acelerada em biorreatores se mostra mais adequado. A partir das devidas considerações de aprofundamento nos estudos ambientais e atendimento as etapas do licenciamento ambiental, a compostagem de resíduos urbanos em usina para este fim é considerada relevante ferramenta de gestão urbana para a região.

Palavras-chave: Compostagem, gestão de resíduos sólidos urbanos, resíduos orgânicos, métodos de tratamento de resíduos sólidos.

ABSTRACT

The present report proposes, in an objective way, to evaluate the environmental viability and implantation technique of a waste composting plant in the county of Pinhais, State of Paraná, Brazil. The confrontation of information related towards this type of activity with physical, biological and legislative aspects, plus the main characteristics of available and well known technologies allows the definition of the main impacts, both positive and negative, regarding the issue of solid waste treatment. As main methods of evaluation were consulted the legislative aspects applicable to solid waste management, as well as the technologies available, based upon researches regarding previous studies, considering also the environmental aspects of the region object of analysis. The consonance with urban planning, occupation and characteristics of natural features of the landscape are the main aspects for consideration in relation to the assessed activity. The reality of generation and demand of treatment allied with the environmental, both physical and biological aspects, suggests the use of accelerated composting method, with bioreactor technology, as the most suitable alternative. From the deepening considerations regarding environmental studies and different stages of environmental licensing, the composting of urban/public waste based on the installation of a plant, for this purpose is considered to be a relevant tool for the urban and environmental management in the Pinhais region.

Key words: Composting, urban solid waste management, organic waste, solid waste treatment methods.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
2	OBJETIVO	13
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3	METODOLOGIA	14
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
5.1	Legislação aplicável	19
5.2	Alternativas locacionais	21
5.3	Análise e comparativo de sistemas de compostagem	23
6	CONCLUSÃO	29
7	REFERÊNCIAS	30

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Leiras de compostagem de resíduos orgânicos.....	10
Figura 2 - Localização do município de Pinhais	14
Figura 3 - Condições climáticas do município de Pinhais	21
Figura 4 - Mapa de uso do solo do município de Pinhais.....	23
Figura 5 - Modelo do processo mecânico de compostagem acelerada	25
Figura 6 - Funcionamento de um biorreator de compostagem acelerada	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Análise comparativa entre os processos de compostagem.....	27
---	----

1 INTRODUÇÃO

A preocupação mundial com o meio ambiente vem crescendo de forma acentuada nos últimos anos devido às modificações no ambiente natural, promovidas pelo homem de forma a adequá-lo as suas necessidades individuais e coletivas. A degradação proveniente de tais ações apesar de generalizada é sentida com maior intensidade nos grandes centros urbanos, onde, em função da alta concentração demográfica, os recursos naturais são exauridos constantemente de forma insustentável, ocasionando a perda da sua capacidade natural de recuperação.

O compromisso com as gerações futuras é o princípio do que se denomina crescimento sustentável. Assim, espera-se que esta geração e as futuras usem a capacidade que o homem possui de transformação, porém de forma sustentável.

A maneira de gerir a utilização desses recursos é o fator que pode acentuar ou mitigar os impactos, levando-se em consideração a diversidade de recursos extraídos, a velocidade de extração dos mesmos, que permite ou não a sua reposição e por fim a forma de disposição e tratamento dos efluentes e resíduos gerados pela população consumidora. Resíduos esses que necessitam de um manejo correto para que sejam reaproveitados gerando renda para a população, menos gastos para o governo e benefícios ao meio ambiente, com a destinação e tratamento corretos.

Segundo dados do IBGE, relativos ao ano de 2000, cerca de 230 mil toneladas de resíduos são gerados no Brasil por ano, sendo que 22% são destinados a vazadouros a céu aberto ou lixões, sem a menor estrutura de controle de poluentes. A maioria absoluta, cerca de 75%, destinam-se a aterros, que possuem uma estrutura sanitária e procedimentos eficientes de coleta e tratamento de poluentes provenientes da decomposição do lixo, através de drenagem de líquido percolado, captação do chorume, que é um líquido proveniente da decomposição anaeróbia, extremamente poluente e a captação do gás metano. São também destinados aos aterros controlados que seguem os moldes dos aterros sanitários, mas sem a mesma estrutura de manejo e controle de poluentes.

Vazadouros a céu aberto ou lixões são depósitos nos quais o resíduo é simplesmente descarregado sem qualquer tratamento. Esse destino dos resíduos, além dos riscos a saúde pública, tem como conseqüências a poluição do solo e a contaminação das águas superficiais e subterrâneas. Em muitos casos, nesses vazadouros também são dispostos resíduos industriais e de serviços da saúde. Trata-se, portanto, de uma forma completamente descontrolada, uma vez que não existem medidas prévias de proteção ao meio ambiente ou a saúde pública.

O aterro sanitário ainda é o processo mais aplicado no mundo, mas apresenta algumas desvantagens como a perda de matérias-primas e da energia contida nos resíduos, transporte de resíduos à longa distancia, gerando um custo para a empresa ou município, a desvalorização da região ao redor do aterro, riscos de contaminação do lençol freático, produção de chorume e percolados, além da necessidade de manutenção e vigilância após o fechamento do aterro.

A realidade atual dos centros urbanos é justamente a saturação desses aterros, muitos já com vida útil limitada, abrindo espaço para formas diferenciadas de tratamento e reutilização dos resíduos sólidos. Uma carga considerável dos resíduos enviados para aterro é composta por resíduos domiciliares.

No Estado do Paraná, o aterro da Caximba localizado na Região metropolitana de Curitiba (RMC) e que recebe diariamente resíduos de 14 municípios é um exemplo da sobrecarga de depósito em área limitada e já com vida útil prolongada. A partir de 20 de novembro de 1989, o Aterro Sanitário da Caximba iniciou suas operações, sendo administrado pela Prefeitura Municipal de Curitiba (LOPES JOSÈ,2007).

A área total do aterro sanitário da Caximba é de 410.000 m², sendo que a área destinada à disposição final do lixo urbano é de 237.000m².

Ao longo do tempo e de mudanças na gestão municipal em Curitiba, outros municípios, por conta de acordos políticos e novas legislações ambientais voltadas a gestão de resíduos sólidos, começaram a enviar o lixo urbano de seu munícipes ao aterro da Caximba.

O Município de Pinhais situado na região metropolitana de Curitiba e participante do consorcio intermunicipal para gestão de resíduos sólidos,

destina seus resíduos ao aterro sanitário da Caximba, sendo uma quantidade de 18.529 (t/ano) com uma geração per capita de 513 g por dia. A crise do aterro da Caximba está evidenciada pelo fato da quantidade projetada de resíduo per capita ser de 550 g enquanto que atualmente vem recebendo uma média de 740g por habitante/ dia.

De acordo com dados do consorcio intermunicipal para gestão dos resíduos sólidos, 40% do resíduo domiciliar é composto por matéria orgânica, ou seja, restos de alimentos diversos, que tem utilidade de reciclagem através do processo de compostagem (PREFEITURA MUNICIPAL DE CURITIBA, 2009).

Os resíduos orgânicos podem ser reciclados pela técnica conhecida como compostagem, definida por Pereira Neto (1996), como processo aeróbio e controlado de tratamento e estabilização de resíduos para a produção de húmus, envolvendo diferentes populações microbianas, apresentando duas fases distintas, a primeira de degradação ativa (termofílica) e a segunda de maturação. O composto resultante da compostagem dos resíduos atua na melhoria de características químicas, físicas e biológicas do solo e no crescimento vegetal, podendo ser usado como adubo (LIMA e MENK, 1997; QUEIROZ et al, 2000) e na recuperação de solos empobrecidos.



Figura 1 – Leiras de compostagem de resíduos orgânicos.

Para Jardim et al. (1995), devem ser monitorados e/ ou controlados os seguintes parâmetros durante o processo de compostagem para que se obtenha um produto de boa qualidade:

Aeração: A necessidade de oxigênio em níveis adequados possibilita a decomposição da matéria orgânica de forma mais rápida, sem odores incômodos. É função da granulometria e da umidade dos resíduos.

Umidade: O teor de umidade dos resíduos depende da sua granulometria, porosidade e grau de compactação. O teor deve ficar em torno de 50% para que o processo ocorra de maneira satisfatória. Valores abaixo de 40% fazem com que diminua a ação dos microorganismos e acima de 60% podem ocorrer pontos de falta de oxigênio, levando a uma decomposição anaeróbia, que é indesejável. Para que se controle esse parâmetro é necessário o revolvimento das leiras, para uma melhor circulação do ar.

Temperatura: O processo tem início a temperatura ambiente, subindo acima dos 55- 60° C à medida que a ação microbiana se intensifica, em condições adequadas de aeração. A compostagem possui duas fases com oscilação de temperatura, a fase mesofílica onde se registra temperatura abaixo dos 45° C e termofílica com temperaturas acima dos 45°C, onde ocorre a eliminação de microorganismos patogênicos e de ervas daninhas.

É necessário que a temperatura interna das leiras se mantenha acima dos 55°C por pelo menos 30 dias para que ocorra a completa higienização do composto. Deve-se verificar que a temperatura máxima não passe dos 70°C, pois nessas condições ocorre a morte dos microorganismos que estão promovendo a decomposição do material.

Relação carbono / nitrogênio (C/N): A relação C/N desejável para o início do processo deve ser da ordem de 30/1, e o teor de nitrogênio deve estar entre 1,2 e 1,5% (KIEHL, 1985). Durante o processo, parte do carbono é transformado em CO₂ e parte é usado para o crescimento microbiano. O nitrogênio fica retido no material como N orgânico e inorgânico. Se a relação C/N for elevada maior será o tempo de compostagem. Em situações de ausência de carbono deve-se incorporar restos vegetais (poda vegetal), como forma de disponibilizar carbono ao processo.

Deve-se juntamente analisar o pH do composto curado que deve ser da ordem de 7,0 a 8,0. Análises laboratoriais fornecem os dados físico-químicos da compostagem.

Na verificação final da compostagem, analisa-se o ponto de cura, sendo que existem varias técnicas. Um método prático é o “teste da mão”, que consiste em pegar uma porção do composto com a mão, umedecer e esfregar as duas palmas das mãos. Se formar uma “graxa” preta significa que aquele material possui elevado teor de húmus. Outra forma de determinar a qualidade do material compostado é o teste da germinação em viveiros ou estufas, onde sementes são submetidas a teores graduais do composto, onde se pode verificar o desenvolvimento gradual da planta (KHIEL, 1985).

Segundo Jardim e colaboradores (1995), o fertilizante composto, produzido a partir de resíduos sólidos domiciliares, pode apresentar características variáveis em função da composição da fração orgânica do lixo.

O composto curado é um ótimo condicionante para solos, podendo ser utilizado em áreas degradadas e lavouras.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVOS GERAIS

O presente projeto tem como objetivo analisar a viabilidade da implantação do tratamento de resíduos sólidos orgânicos pelo método da compostagem, considerando os aspectos ambientais e técnicos, como forma de disponibilizar ao município de Pinhais - PR uma ferramenta para reaproveitamento dos resíduos, subsidiando novos programas sobre manejo correto dos Resíduos Sólidos Urbanos - RSU para a população da Região Metropolitana de Curitiba (RMC).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definição do método ambientalmente mais indicado de compostagem de resíduos orgânicos para o município.

3 METODOLOGIA

A análise apresentada no presente estudo é voltada ao município de Pinhais, localizado no Primeiro Planalto Paranaense, chamado “Planalto Curitibano”, na Região Metropolitana de Curitiba, Estado do Paraná, Brasil. Ocupa uma área de 61, 37 Km² sendo o menor município em extensão territorial do Estado. Suas coordenadas geográficas são: Latitude 25° 23` à 25° 28` Sul e Longitude 49° 6` à 49° 12` Oeste.

O território do Município de Pinhais localiza-se na região de clima subtropical, onde dominam temperaturas amenas. Conforme a classificação de Köppen em Pinhais domina o Clima do tipo Cfb - Clima subtropical úmido (mesotérmico), com média do mês mais quente superior a 22°C e do mês mais frio inferior a 18°C, sem estação seca, verão brando e geadas severas freqüentes.

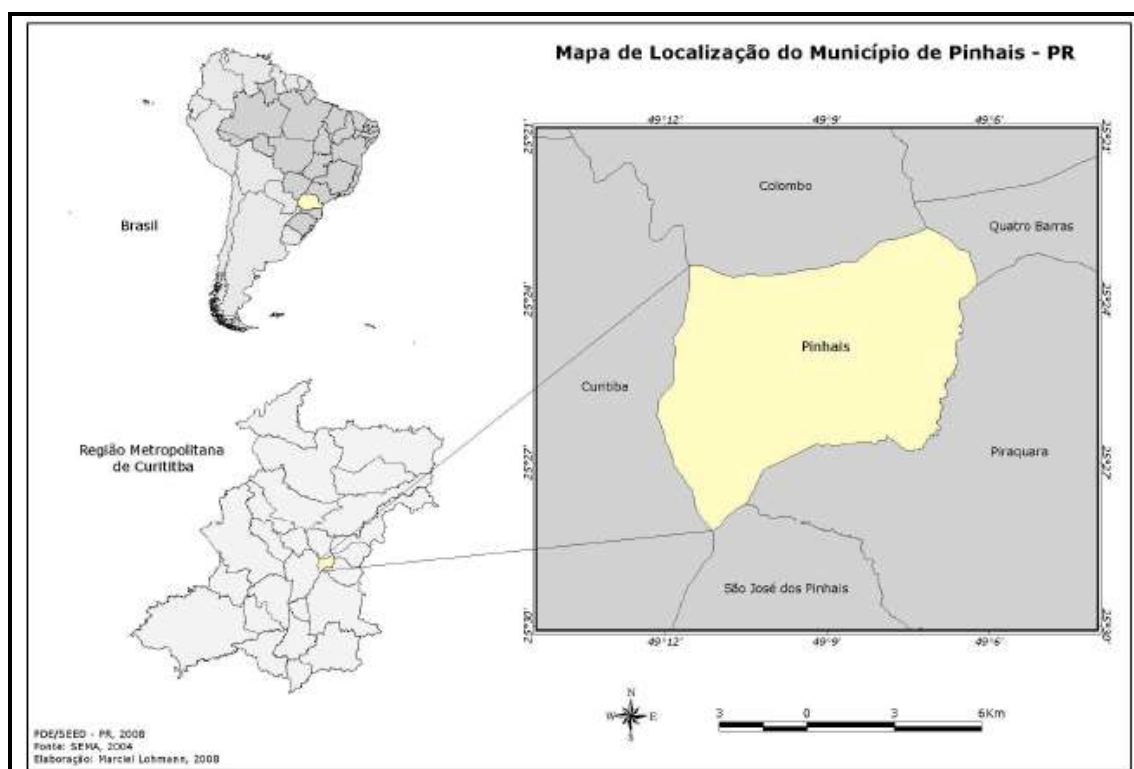


Figura 2 - Localização do município de Pinhais
Fonte: Adaptado SEMA, 2004

O município encontra-se em área de domínio da Floresta Ombrófila Mista, também denominada Floresta de Araucárias.

A coleta de dados referentes à geração de resíduos sólidos urbanos per capita do município de Pinhais, bem como a caracterização qualitativa dos mesmos, juntamente com a consulta bibliográfica referente às ações do consórcio intermunicipal para gestão dos resíduos sólidos na Região metropolitana de Curitiba e o confronto entre os métodos comumente empregados no processo de reciclagem de resíduos orgânicos, são as principais fontes de análise no presente estudo para determinar a viabilidade de implantação de uma usina piloto de compostagem dos resíduos domiciliares da população Pinhais.

O confronto de informações relativas à implantação do empreendimento como os aspectos físicos, bióticos e legislativos, permite avaliar possíveis barreiras no estabelecimento deste tipo de atividade, bem como seus impactos positivos e negativos.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Pereira Neto (1999) os impactos gerados pela falta de manejo do lixo urbano são bastante variados, podendo ser classificados em sanitários, ambientais, econômicos e sociais.

Nas populações carentes a ausência de programas e políticas de gestão favorece a disposição incorreta dos resíduos gerados pela comunidade que aliada à infra-estrutura precária permite a atração e proliferação de vetores biológicos, associados à endemias urbanas de difícil controle. Dentre as doenças mais comuns associadas a falta de saneamento do lixo podem ser citadas a febre tifóide e paratífóide, a salmonelose, a giardíase, a ascaridíase e uma série de doenças intestinais, além da cólera, dengue e leptospirose.

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.

Ambientalmente, conforme exposto anteriormente a poluição do solo e conseqüente contaminação de recursos hídricos superficiais e subterrâneos são as principais ameaças da disposição e tratamento dos resíduos domésticos. Em alguns casos a contaminação é irreversível ou de difícil controle, sendo que os custos com projetos de remediação inviabilizam muitas das ações de monitoramento e controle, elaborados pelo governo ou empresas privadas.

Segundo Vailati (2000) 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 lei (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), 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.

De acordo com Santos et al (2006) 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.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando tratamos da viabilidade de qualquer empreendimento ou atividade, alguns pontos do contexto urbano devem ser considerados. Aspectos legislativos, tanto na esfera federal, estadual e principalmente a municipal, a mais restritiva dentre as citadas anteriormente. O município onde se planeja implantar tal atividade é o maior interessado, pois tanto os aspectos e impactos positivos e negativos devem ser considerados. As alternativas locacionais para escolha da área para instalação do pátio de compostagem e equipamentos de triagem e separação dos resíduos sólidos urbanos, devem seguir a tendência do plano diretor do município de Pinhais e a lei de zoneamento, como forma de análise de possíveis restrições quanto ao uso e ocupação do solo em áreas ambientalmente vulneráveis, como regiões sujeitas a erosão e intempéries comprometedoras da geologia da local, hidrologia e hidrografia complexa e abrangente (mananciais de abastecimento), além dos horários mais adequados para o funcionamento do empreendimento, respeitando os níveis de ruído diurno para a região.

No âmbito sócio-econômico as usinas de compostagem de resíduos sólidos orgânicos são uma fonte real de integração de trabalhadores informais de coleta do lixo urbano, pois representam uma alternativa de inclusão social, pois demandam mão de obra na triagem da porção orgânica a ser efetivamente compostada.

5.1 Legislação aplicável

Em paralelo ao processo de realização do diagnóstico e do prognóstico Sócio-ambiental das áreas de influência do empreendimento, deve ser considerada a identificação da legislação ambiental associada à utilização, proteção e conservação dos recursos ambientais, uso e ocupação do solo, gestão de resíduos e de produtos perigosos, a qual é apresentada a seguir através dos principais diplomas legais aplicáveis, nas esferas federal, estadual e municipal. Esta legislação deve ser considerada pelo empreendedor quando da elaboração dos projetos, implantação e operação de uma usina de compostagem de resíduos orgânicos, e desenvolvimento de todas as atividades a ele associadas.

- **Lei Federal nº 11.428/2006** – Dispõe sobre a utilização e proteção do bioma mata atlântica, e dá outras providências.
- **Lei Federal nº 9.605/1998** – Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.
- **Lei Federal nº 9433/1997** - Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos.
- **Lei Federal nº 6.938/1981** - Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e da outras providencias, e suas alterações.
- **Lei Federal nº 4.771/1965** – Institui o novo Código Florestal.
- **Lei municipal nº 489/2001** - Dispõe sobre o parcelamento do solo do município de Pinhais

- **Lei Municipal nº 500/ 2001** – Dispõe sobre o zoneamento do município de Pinhais
- **Lei municipal nº 505/ 2001** - Dispõe sobre o plano diretor municipal de Pinhais
- **Lei municipal nº 761/ 2006** – Dispõe sobre coleta, transporte e destinação final de resíduos sólidos no Município de Pinhais e dá outras providências.
- **Resolução nº 357/2005** – Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece os padrões e condições de lançamento de efluentes, e dá outras providências.
- **Resolução nº 313/2002** – Dispõe sobre o inventário nacional de resíduos sólidos industriais.
- **Resolução nº 303/2002** – Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Área de preservação Permanente.
- **Resolução nº 237/1997** - Regulamenta os aspectos de licenciamento ambiental estabelecidos na Política Nacional de Meio Ambiente.
- **Resolução nº 009/1987** – Dispõe sobre a realização de audiências públicas.
- **NBR 1004/2004** – Estabelece os critérios de classificação dos resíduos sólidos.
- **NBR 10005/2004** – Lixiviação de resíduos.
- **NBR 10006/2004** – Solubilização de resíduos.

- **NBR 10007/2004** – Amostragem de resíduos.

5.2 Alternativas locacionais

A escolha do local para instalação deste tipo de empreendimento, no município de Pinhais, deve considerar alguns fatores de ordem física como a geomorfologia e a direção predominante dos ventos, partindo do princípio que o processo de estabilização do composto no pátio gera um odor considerável, devendo, portanto se dispersado em maior quantidade na atmosfera e direcionado para locais sem a presença de ocupação humana consolidada, a fim de se evitar o desconforto da população do entorno da usina.

MÊS	TEMPERATURA DO AR (°C)							U.REL	VENTO			PRECIPITAÇÃO (mm)				EVAPORAÇÃO	INSOLAÇÃO
	média	média máxima	média mínima	máxima absol.	ano	mínima absol.	ano	média (%)	direção pred.	veloc. (m/s)		total	máxima 24h	ano	dias de chuva	total (mm)	total (horas)
JAN	20,2	25,9	16,3	33,7	1988	7,2	1975	85	E	2,4		193,1	102,0	1995	17	65,4	170,5
FEV	20,5	26,2	16,7	33,0	1974	9,0	1991	85	E	2,3		140,3	75,3	1982	15	58,1	153,5
MAR	19,4	25,0	15,7	33,5	1974	4,6	1976	87	E	2,1		123,9	67,6	1971	15	57,2	157,7
ABR	17,2	22,6	13,3	30,8	1973	-1,4	1971	87	E	2,1		79,4	64,5	1984	11	51,4	157,0
MAI	14,8	20,5	10,6	28,9	1995	-2,2	1977	87	NE	1,9		105,2	116,0	1993	10	49,2	158,1
JUN	13,3	19,2	8,5	27,2	1972	-4,0	1978	85	N	2,1		96,8	75,9	1982	9	51,7	152,3
JUL	13,1	19,1	8,3	27,5	1995	-6,0	1975	82	N	2,4		91,5	82,6	1995	9	62,3	172,2
AGO	13,8	20,2	8,9	32,0	1994	-3,7	70/91	82	NE	2,3		71,6	54,2	1978	8	68,6	163,8
SET	14,6	20,2	10,5	33,5	1994	-1,5	1980	85	NE/E	2,6		121,0	79,0	1993	12	60,9	128,1
OUT	16,3	22,0	12,3	32,0	90/91	1,3	1970	85	E	2,6		129,8	69,5	1982	13	63,1	146,0
NOV	17,9	23,7	13,8	33,9	1985	3,0	1970	84	E	2,6		116,3	127,4	1992	13	68,8	166,8
DEZ	19,4	25,2	15,4	33,3	1971	7,2	72/75	84	E	2,5		157,4	103,4	1980	16	68,6	159,2
ANO	16,7	22,5	12,5					84,8				1426			147	725	1885

Figura 3 - Condições climáticas do município de Pinhais
Fonte: Adaptado Iapar, 2009.

Observa-se que a direção predominante dos ventos durante o ano é leste (E) com pequenas variações a direção norte (N) e nordeste (NE) do município de Pinhais, no período de inverno. Coincidentemente, toda a porção a leste do município corresponde à Área de proteção ambiental do Iraí, região esta com alto nível de restrição quanto ao uso e ocupação do solo e com uma longa faixa de vegetação ao redor da represa, suficiente para absorção de emissões odorantes. A presença de relativa baixa ocupação urbana em áreas de proteção ambiental é um fator positivo quando tratamos de emissões de odor e ruído.

Ao analisarmos o Plano Diretor do Município de Pinhais juntamente com a lei de zoneamento percebe-se que o município é segmentado por dois rios o Palmital e Rio do Meio, ambos com entorno caracterizado por área de várzea, fator este que torna o estabelecimento de empreendimentos impactantes ou com potencial sujeito a restrições, devido à fragilidade ambiental em áreas aluviais das proximidades dos cursos d'água. Particularmente o rio Palmital está inserido em contexto de ocupação urbana consolidada (comercio, residências), que de certa forma inviabiliza o estabelecimento de uma usina piloto de compostagem, em função da dispersão de odores, citados anteriormente, geração de ruído e alteração do tráfego de veículos nas suas imediações. A partir disso exclui-se toda a porção de território que se inicia as margens o rio Atuba até o rio do Meio. A presença da Área de Proteção Ambiental do Irai, localizada na porção nordeste do município, define a fragilidade ambiental da região, que ao longo dos anos sofreu intensa ocupação desordenada e intervenções em área de manancial. Esta proximidade com APA estabelece que haja consulta prévia aos gestores da mesma, quanto ao início das obras e operação do empreendimento, como parte integrante do processo de licenciamento junto ao órgão ambiental do estado.

Áreas de uso misto com área urbana não consolidada alternada a áreas rurais são as mais indicadas neste caso, pois permitem a dispersão de odores e retenção por parte da vegetação do entorno, que se ausente naturalmente na área deve ser projetada para este fim. Sabe-se que atividades geradoras de maus odores são alvo de protestos por parte de moradores de áreas próximas a lixões ou indústrias.

Um estudo geológico e topográfico deve subsidiar a escolha da área mais adequada para a instalação da usina piloto de compostagem para avaliar a fragilidade do solo e condições quanto o direcionamento do lençol freático e sua profundidade, uma vez que deverão ser instalados poços de monitoramento da águas subterrâneas como controle de eventuais infiltrações provenientes do lixiviado do composto, gerado nos períodos de precipitação e do efluente enviado para o tratamento em caixa de retenção. Este fato torna necessária a cobertura do pátio de cura do composto e adequações na estrutura de tratamento do efluente.

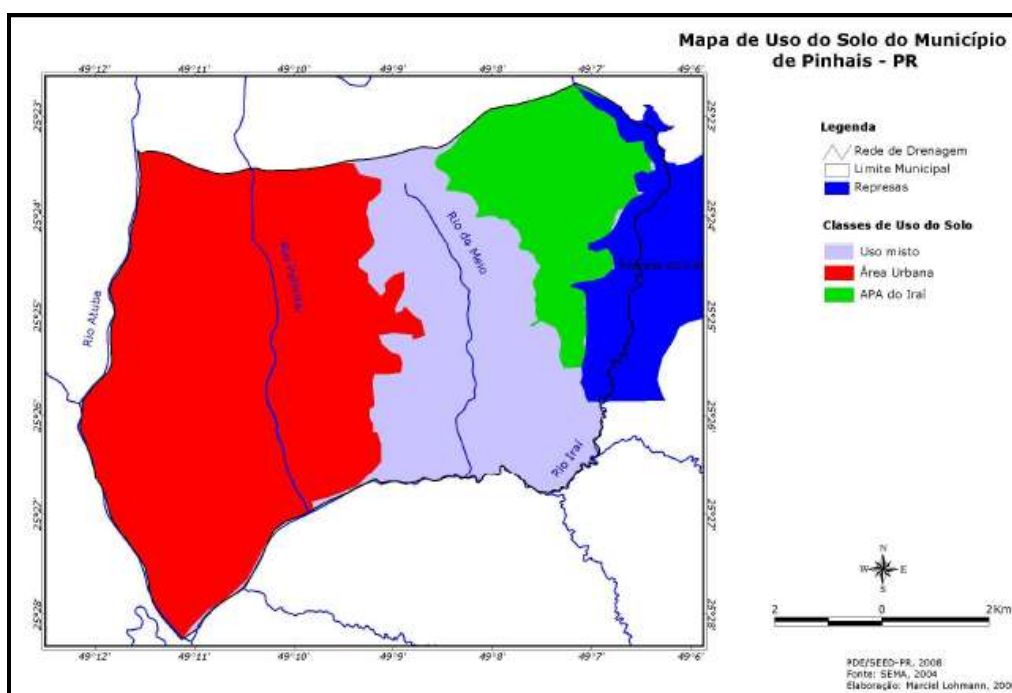


Figura 4 - Mapa de uso do solo do município de Pinhais

Fonte: SEMA, 2004.

5.3 Análise e comparativo de sistemas de compostagem

O insumo base para o início do sistema de produção da usina de compostagem será o resíduo sólido domiciliar e do centro comercial. Os demais serão materiais a serem usados no apoio tais como: material de limpeza, material de escritório, material de embalagem, equipamentos de proteção individual, energia elétrica e água.

O processo começa com a coleta dos resíduos sólidos na cidade, realizada pelo serviço de limpeza urbana público, sendo em seguida transportado para a usina. O material coletado no município de Pinhais é pesado em balança rodoviária logo ao adentrar o pátio da usina, de modo a determinar a quantidade exata a ser processada. Controles e registros da quantidade recebida e processada devem ser mantidos a fim de monitoramento da qualidade do produto final. Após a pesagem a carga segue até plataforma ou mesa de catação, onde funcionários (devem ser priorizada a utilização de mão de obra dos catadores informais) realizam a triagem do lixo domiciliar, separando a carga orgânica ou material compostável dos demais resíduos contaminantes ou de propriedades inertes.

O material compostável, em seguida é transportado até uma moega dosadora onde é incorporada serragem ou material vegetal de poda, proveniente da própria limpeza urbana. A carga vegetal oferece uma boa relação de C/N (carbono e nitrogênio) que permite a obtenção de um composto de maior qualidade viabilizando a sua utilização em lavoura de pequenos produtores rurais do município e áreas adjacentes. A moega dosadora é importante, pois não sobrecarrega as esteiras direcionadas ao pátio de compostagem, quanto a quantidade correta a ser processada, além de incorporar a carga vegetal ao resíduo previamente triado na plataforma de catação, composto basicamente por restos de alimentos.

À medida que a carga compostável é depositada no pátio, após ser conduzida pelas esteiras acopladas a saída das moegas, deve se proceder com a montagem das leiras de compostagem.

A partir da separação do resíduo orgânico, são montadas leiras de 1,5 a 1,8 m de altura com 3 a 4 metros de largura da base e comprimento variável de acordo com a quantidade de material orgânico a ser compostado. Após a montagem das leiras, dá-se início ao processo de compostagem propriamente dito.

A problemática em relação a compostagem por leiras se refere ao tempo necessário para tratamento da carga orgânica, até que o composto possa ser reaproveitado, já que a demanda per capita é de 740 g, sendo cerca de 296 g habitante/dia de carga compostável, seria inviável tratar todo o resíduo orgânico do município com um processo que necessita de cerca de 60 dias para ser realizado.

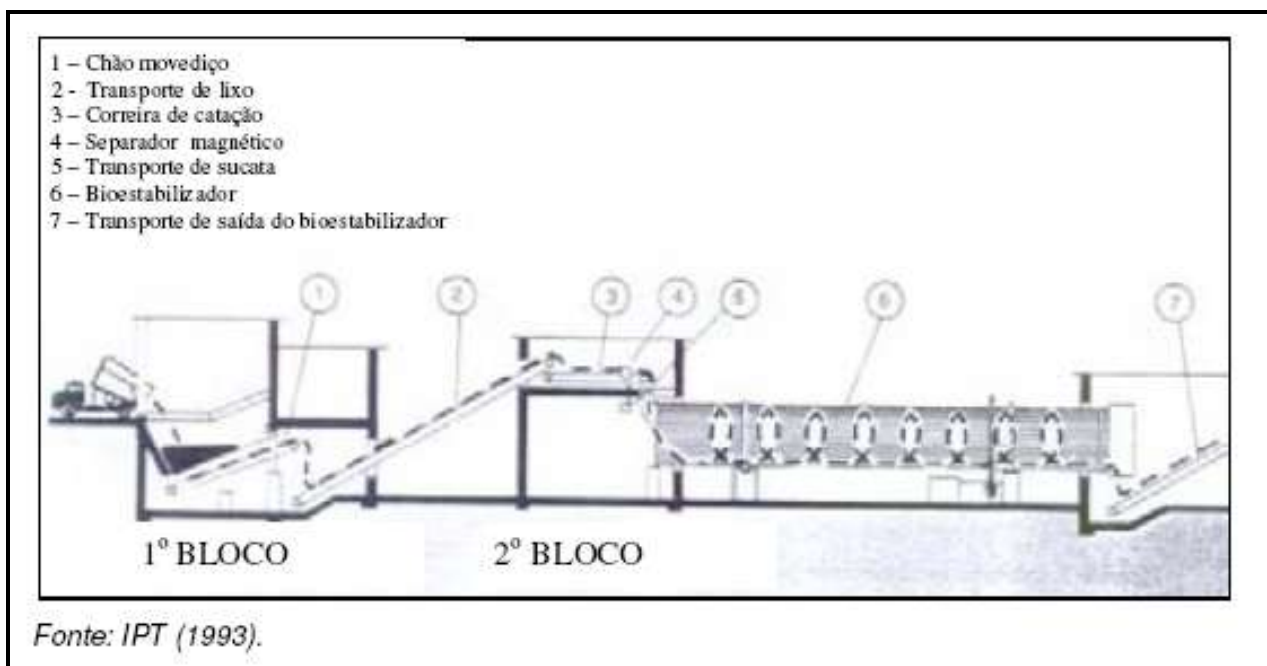


Figura 5 - Modelo do processo mecânico de compostagem acelerada

Fonte: Adaptado IPT (1993)

Daí a necessidade de uma metodologia de compostagem capaz de reduzir significativamente o tempo de processamento e cura do material compostado de uma média de 90 a 120 dias para 30 dias, e capacidade para tratar uma maior quantidade de resíduo orgânico, com uma melhor eficiência na remoção de patógenos e impurezas.

De acordo com Bruni (2005), a tecnologia de compostagem acelerada pelo método Kneer, cujo método é baseado em processo biológico aeróbio, ocorre em um sistema confinado alimentado por bateladas. O processamento da matéria orgânica é monitorado e controlado continuamente mediante sensores de temperatura e de oxigenação. Estes dados alimentam um computador que, por sua vez, controla todo o processo e a respectiva aeração. Os dados são registrados de forma contínua e armazenados, podendo ser manipulados logo após a geração da informação ou posteriormente.

O sistema é alimentado nos silos dosadores diretamente por pá carregadeira e/ou caminhão basculante. Cada silo opera individualmente e libera o material sobre a esteira transportadora, que leva o material até o misturador com pás giratórias, responsável pela homogeneização dos componentes da mistura. Para o transporte do material misturado, até os reatores, são utilizadas correias transportadoras. A capacidade média dos reatores é de 13 m².

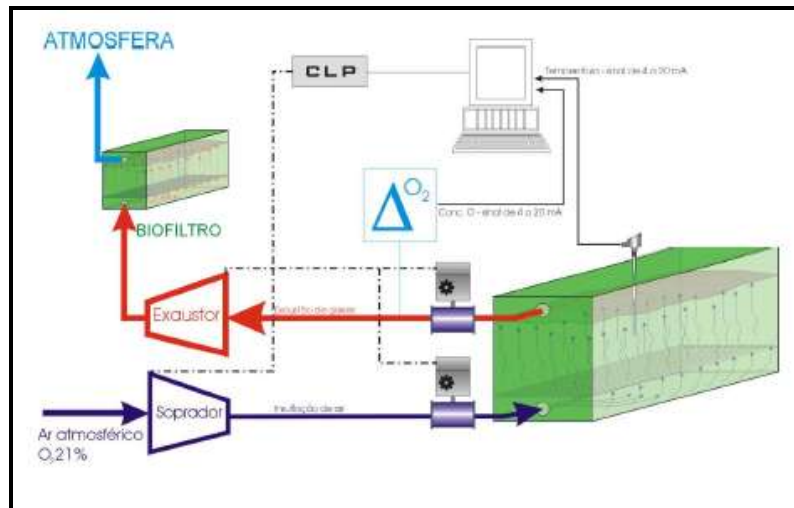


Figura 6 - Funcionamento de um biorreator de compostagem acelerada

A aeração da massa a ser compostada é realizada por um soprador com potência, que veicula o ar à câmara de insuflação, em um ponto na base do reator. A câmara localiza-se no fundo do reator e constitui-se, na sua parte superior, o que possibilita a passagem do ar e o fornecimento de oxigênio à massa a ser compostada. O ar atravessa toda a massa e os gases são retirados por um tubo localizado na parte superior do reator, ligado a um sistema de exaustão e um biofiltro que possibilita a retenção de grande parcela do odor gerado até sua liberação na atmosfera.

No processo biológico, aeróbio, termofílico, acelerado, confinado e monitorado, toda a massa de materiais é submetida às mesmas condições de compostagem, garantindo assim a produção de um composto homogêneo. Nas etapas iniciais, ocorre o desenvolvimento de microrganismos capazes de degradar elementos de alto peso molecular e produzir temperaturas superiores à 700 graus celsius, assegurando a higienização do material e a destruição dos patogênicos e sementes de ervas daninhas. Essencialmente, o processo requer baixos índices de energia. Os microorganismos produzem calor por si só. Energia externa só é necessária para o funcionamento do sistema de insuflação e exaustão de ar, que mantém um nível suficiente de oxigênio ao processo (BRUNI, 2005).

O processo se encerra com a disposição da carga tratada nos reatores, diretamente no pátio, em leiras de 1,5 m de altura, para que possa ocorrer a cura do composto em área livre, antes de sua aplicabilidade em programas de recuperação de área degradada, por atividades como mineração.

Tabela 1 – Análise comparativa entre os processos de compostagem.

Métodos de compostagem	Prós	Contras
Compostagem acelerada em biorreatores	- Melhor garantia da assepsia da carga orgânica compostada, através da remoção de patógenos.. - Redução da emissão de odores provenientes do processo de degradação da massa orgânica, através de sistema de biofiltro. - Redução do tempo de processamento (média de 30 dias), o que permite sua utilização na gestão de resíduos orgânicos de um município como Pinhais. - Melhor controle de parâmetros importantes para boa qualidade do processo como (controle eficiente de aeração, temperatura, umidade)	- Emprego de tecnologias e equipamentos pesados.
Convencional	- Não necessita de infraestrutura tecnológica para realização do processo	- Não garante a eficiência na remoção de patógenos, e consequentemente perda da qualidade do composto para utilização em solo. - Processo lento (cerca de 120 dias) para atendimento da demanda de resíduo domiciliar em um município de mais de 100.000 - Maior demanda de espaço físico para tratamento e atendimento da carga de resíduo domiciliar gerados no município de Pinhais. - Controle ineficiente dos parâmetros físico, químicos e biológicos

A estrutura do pátio, referente à fase livre citada anteriormente, deve contemplar sistemas de retenção de líquidos e lixiviado, ocorrentes a partir da infiltração da água da chuva nas leiras de compostagem. Desta maneira o piso deve ser de concreto para garantir a impermeabilidade e possíveis infiltrações

do material orgânico no solo, além de ser dotado de canaletas de drenagem direcionadas a um sistema de retenção e armazenamento do lixiviado, até que seja feita a remoção e limpeza do líquido livre, que pode ser recirculado e reutilizado através do umedecimento das leiras dispostas no pátio, na fase livre do processo. É necessário proceder com abastecimento contínuo da carga a ser processada e dosagem exata da poda vegetal, o material estruturante, que neste caso deve ser precedida preferencialmente de trituração.

É importante ressaltar o caráter experimental desta alternativa da usina piloto de compostagem de resíduos orgânicos, uma vez que a alta geração diária de carga compostada, inviabiliza o tratamento de toda a matéria orgânica diária do município. Desta forma, sugere-se a aplicação de um rodízio no município quanto as regiões a serem atendidas pela usina piloto de compostagem acelerada. Mensalmente ao menos um bairro ou localidade teria sua carga orgânica coletada pela prefeitura municipal e destinada a usina de compostagem, sendo o restante dos resíduos, destinados para aterro municipal, como comumente ocorre.

Assim a ocorreria uma redução na carga destinada a aterro e propiciaria o serviço de reciclagem da matéria orgânica para todas as regiões do município através de logística de coleta e rodízio entre os bairros ou localidades atendidas, pertencentes ao município de Pinhais. Anualmente cada bairro teria uma quantidade tratada na usina, sendo o composto final um insumo agrícola, com aplicabilidade em programas do governo do estado referente a recuperação de áreas degradadas por atividades como mineração, reflorestamento.

6 CONCLUSÃO

A implantação de uma usina de compostagem no município de Pinhais se tornará viável partir de parcerias do governo municipal com empresas privadas detentoras da tecnologia, conhecimento técnico da compostagem acelerada pelo método Kneer.

A redução da duração do processo de reciclagem da carga orgânica para 30 dias (15 dias fase confinada nos biorreatores e 15 dias fase livre), oferece uma alternativa interessante para a problemática da gestão de resíduos sólidos urbanos no município de Pinhais e RMC, contribuindo diretamente com a redução da carga destinada sem tratamento ao aterro da Caximba, sendo que o produto final é um insumo agrícola condicionante de solos, viável para utilização em programas de recuperação de área degradada.

A compostagem convencional pode ser considerada inviável, pois ocorre de forma lenta, não suprimindo as necessidades e demanda de um município do porte de Pinhais.

Conforme apresentado nas alternativas locacionais deve-se levar em consideração todos os estudos referentes à localização do empreendimento, visando menor impacto antrópico e ambiental. O licenciamento de um empreendimento como esse é acompanhado de condicionantes quanto ao monitoramento do processo operacional com periodicidade de apresentação de resultados analíticos de efluente, odor e ruído ao órgão ambiental responsável.

7 REFERÊNCIAS

BRUNI, V.C. **Avaliação do processo operacional de compostagem aerada de lodo de esgoto e poda vegetal em reatores fechados**. UFPR, 2005

CETESB – Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. **Inventário Estadual de resíduos sólidos domiciliares: relatório síntese**. São Paulo; 2001. v1.

IAPAR. **Monitoramento climático do município de Pinhais**. Em <http://www.iapar.gov.br> acesso em 10/03/09.

IBGE, Estatísticas de saneamento básico. <URL:http://www.ibge.net/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/esgotamento_sanitario/defaultesgotamento.shtm> Acesso em 10/03;09

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

JARDIM N. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. São Paulo: IPT; 1996

KIEHL E. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Ceres; 1985

LOPES, J. C; **Resíduos Sólidos Urbanos:consensos,conflitos e desafios na gestão institucional da Região Metropolitana de Curitiba-PR**, 2007

PEREIRA NETO, J.T.; LELIS, M.P.N. **Variação da composição gravimétrica e potencial de reintegração ambiental dos resíduos sólidos urbanos por região fisiográfica do Estado de Minas Gerais**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 20. Rio de Janeiro, 1999. Anais... p. 1709-1716.

SANTOS, G. J. M.; IMBROISI, D.; BARBOSA, S. S.; SHINTAKU, S. F.; MONTEIRO, J. H.; PONCE, A. E.; FURTADO, G. J.; TINOCO, C. J.; MELLO, D. C. 2006. **Gestão de resíduos químicos em universidades: Universidade de Brasília em foco.** Química nova, vol. 29: 404-409.

SEMA – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Base cartográfica.** 2004.

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

PEREIRA NETO, J.T.. **Manual de compostagem processo de baixo custo.** Belo Horizonte: UNICEF, 1996. 56p.

LIMA, J. S. e MENK, J. R. F.. **Estudos preliminares sobre a ação do composto orgânico em algumas propriedades de solos agrícolas.** Engenharia sanitária e Ambiental, 2 (3 e 4)p. 96-99, 1997.