



III-070 - PLANO DE MELHORIAS DA USINA DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE PORTO TROMBETAS-PA

Elidiane do Socorro Souza de Assis ⁽¹⁾

Engenheira Sanitarista (UFPA), Engenheira Sanitarista-Trainee na Empresa Mineração Rio do Norte S. A. (MRN).

Maria de Valdívía Costa Norat Gomes

Engenheira Civil (UFPA). Especialista em Saúde Pública e Ciências da Enga. Ambiental. Mestre em Geofísica (UFPA). Professora Adjunta da Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental (FAESA/ITEC/UFPA).

Paulo Fernando Norat Carneiro

Engenheiro Civil (UFPA). Especialista em Enga. Sanitária e Ambiental. Mestre. em Enga. Civil: Recursos Hídricos e Saneamento (UFPA). Professor Adjunto e pesquisador da Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental (FAESA/ITEC/UFPA).

Mirosława Luczynski

Engenheira Sanitarista (UFPA), Mestre em Engenharia Civil (UFPA).

Endereço ⁽¹⁾: Rodovia Transcoqueiro, Conjunto Guarumã, Alameda Wilson de Cartilho, 35 - Una - Ananindeua - PA - CEP: 67000-000 - Brasil - Tel: (91) 8819-4882, (91) 8147-5771 - e-mail: elidianeassis@yahoo.com.br

RESUMO

Pretende apresentar um Plano de Melhorias da Usina de Triagem e Compostagem (UTC) de Porto Trombetas/PA, com o objetivo de obter conhecimentos referentes ao funcionamento da usina e identificar tendências para a gestão desse processo, adequando-o às questões peculiares da região. A metodologia utilizada foi, em primeiro lugar, o levantamento de dados e informações a respeito da situação operacional da UTC. Após completa essa etapa foram realizados estudos no sentido de aperfeiçoar o sistema. O resultado deste estudo revela uma forma inadequada de operação, pois o processo de compostagem tem o objetivo de diminuir o tempo em que a matéria orgânica fica exposta para a bioestabilização do composto e uma boa homogeneização. Porém, isso não ocorreu, o que torna o sistema ineficiente no que diz respeito ao cumprimento dos parâmetros do projeto.

PALAVRAS-CHAVE: Resíduos Sólidos, Reciclagem, Compostagem, Matéria Orgânica.

INTRODUÇÃO

Um dos maiores problemas que a sociedade contemporânea enfrenta, hoje, é a questão dos resíduos sólidos urbanos (RSU), que vem tomando proporções crescentes, decorrente de uma sociedade cada vez mais consumidora, sobretudo nos países em desenvolvimento, a exemplo de Brasil. Esse fato ocorre em virtude do constante crescimento populacional, demandando dessa forma uma maior produção de alimentos e industrialização de matérias primas, que são transformados em produtos industrializados, contribuindo para a elevada geração de resíduos sólidos.

A problemática dos RSU não está só relacionada a sua produção, mas principalmente ao seu descarte, que na maioria das vezes é realizado de maneira inadequada por quem os produz, e tendo como conseqüências profundos impactos no meio ambiente e na qualidade de vida da população. O gerenciamento dos RSU é de responsabilidade do poder público, porém não basta só coletar e afastar os resíduos dos domicílios, é preciso que este realize programas de educação sanitária e ambiental, a fim de conscientizar a sociedade do assunto em questão.

A nova abordagem técnica da questão dos resíduos sólidos urbanos preconiza a adoção de sistemas descentralizados, dentro de um planejamento integrado, e dá ênfase às ações de minimização para solucionar o problema. Uma dessas ações é a maximização da reciclagem e o reaproveitamento desses resíduos, que pode ser aplicada aos resíduos inertes (plásticos, vidros, metais, etc. como aos resíduos orgânicos (restos de frutas, legumes e de alimentos em geral, folhas, gramas, etc.). A forma mais eficiente de reciclagem dos resíduos orgânicos é por intermédio de processos de compostagem. Cerca de 65% dos RSU domiciliares produzidos no



país são constituídos de matéria orgânica. Toda essa massa heterogênea de resíduos orgânicos pode ser tratada (estabilizada) e transformada em composto orgânico (humificada) para uso agrícola, eliminando, dessa forma, os vários problemas ambientais sanitários associados a eles, contribuindo decisivamente para a melhoria da qualidade de vida da população (PEREIRA NETO, 1996).

Existe um consenso entre os pesquisadores e órgãos ambientais de que a melhor alternativa para a disposição dos resíduos sólidos urbanos, em municípios de pequeno porte, é a Usina de Triagem e Compostagem (UTC), mas a dificuldade de se manter esse sistema de tratamento é desafio das cidades Brasileiras, pois cada uma tem suas peculiaridades, que devem ser levadas em consideração. Portanto, os sistemas devem ser tratados de maneira diferenciada para cada região (NASCIMENTO e COLLARES, 2008).

Diante desse cenário este trabalho pretende apresentar um Plano de Melhorias da Usina de Triagem e Compostagem de Porto Trombetas – Oriximiná/PA, com o objetivo de obter conhecimento referente ao funcionamento da UTC e identificar tendências para gestão desse processo no intuito de elaborar padrão operacional de execução do sistema, adequando-o as questões peculiares da região.

METODOLOGIA

Este trabalho foi desenvolvido em duas etapas a fim de atingir os objetivos propostos. Na primeira etapa deste estudo, ocorrido no período de 23/01/2008 à 19/02/2008, realizou-se o levantamento de dados e informações a respeito do funcionamento operacional da UTC, que se deu por meio do acompanhamento das atividades desenvolvidas no local. A segunda etapa consistiu na realização de estudos a partir das informações obtidas da etapa anterior, no sentido de entender melhor a situação que se encontra a UTC para subsidiar a elaboração de um plano para a otimização do sistema.

ÁREA DE ESTUDO

O complexo de Porto Trombetas está localizado no município de Oriximiná, no oeste do Estado do Pará, a 880 quilômetros de Belém. É gerenciado pela empresa Mineração Rio do Norte S. A. (MRN). A economia da região é prioritariamente gerada a partir da extração e comercialização da bauxita, matéria-prima do alumínio, realizada pela MRN. Porto Trombetas foi criada para acomodar os empregados da MRN e seus familiares, congregando hoje uma população de aproximadamente 6 mil habitantes. As Figuras 1 e 2 mostram, respectivamente, a localização de Porto Trombetas e as condições pluviométricas da região, no ano de 2007.

CARACTERÍSTICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE PORTO TROMBETAS

De acordo com o Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos (PGIRSU/2008) de Porto Trombetas, a característica dos resíduos sólidos urbanos domiciliares gerados na cidade é obtida através de seu aspecto físico, cujo conhecimento é de suma importância para que se possa dimensionar um bom projeto, tanto do ponto de vista técnico, quanto econômico.



Figura 1: Localização de Porto Trombetas.
Fonte: Empresa Mineração Rio do Norte S. A. (2008).

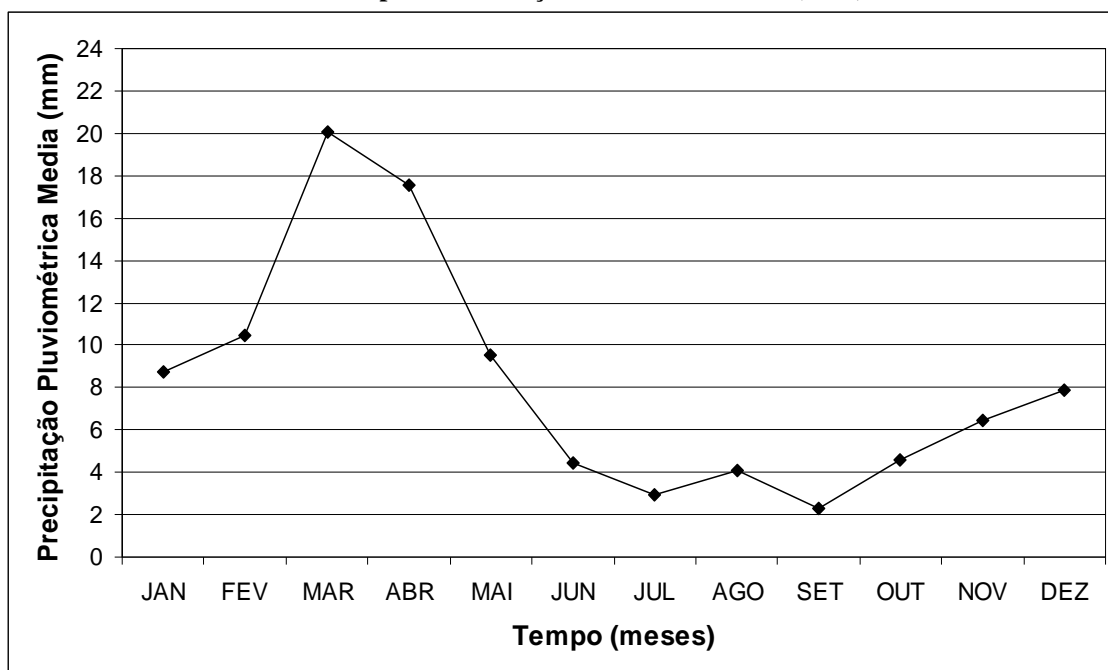


Figura 2: Precipitação Pluviométrica.
Fonte: Empresa Mineração Rio do Norte S. A. (2008).

COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA

A composição gravimétrica é determinação da porcentagem de cada constituinte da massa de resíduos sólidos, proporcionalmente ao seu peso, que é expresso em %. A Figura 3 apresenta a composição gravimétrica.

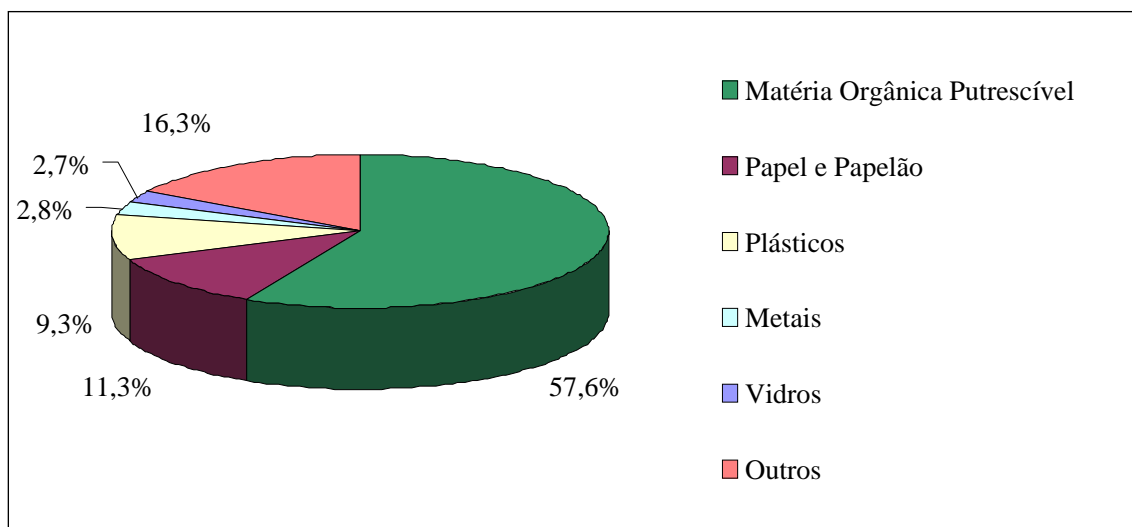


Figura 3: Composição gravimétrica dos Resíduos Sólidos de Porto Trombetas.
Fonte: Empresa Mineração Rio do Norte S. A. (2008).

GERAÇÃO PER CAPTA

De acordo com o Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos (PGIRSU/2008) de Porto Trombetas, a característica dos resíduos sólidos urbanos domiciliares gerados na cidade é obtida através de seu aspecto físico, cujo conhecimento é de suma importância para que se possa dimensionar um bom projeto, tanto do ponto de vista técnico, quanto econômico.

PESO ESPECÍFICO APARENTE

O peso específico aparente é o peso do resíduo sólido em relação ao volume que é expresso em kg/m³. Para efeito de dimensionamento de equipamentos, o seu conhecimento é de fundamental importância. O Quadro 1 representa o peso específico aparente dos resíduos sólidos de Porto Trombetas.

| Local | Tipo | Peso Específico Aparente (Kg/m ³) |
|-------------|---------------|---|
| Vila | Resíduo Seco | 111,0 |
| | Resíduo Úmido | 426,0 |
| Restaurante | Resíduo Úmido | 695,0 |

Quadro 1: Peso Específico Aparente dos Resíduos Sólidos de Porto Trombetas.
Fonte: Empresa Mineração Rio do Norte S. A. (2008).

SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS DE PORTO TROMBETAS

O sistema de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos domiciliares de Porto Trombetas é realizado pela empresa Mineração Rio do Norte (MRN) através de sua Assessoria de Administração (TAA) e os serviços são executados pela empresa terceirizada Grupo de Soluções em Alimentação (GRSA).



COLETA

A coleta de resíduos sólidos realizada em Porto Trombetas se dá através dos aspectos físicos dos resíduos, em úmido e seco, como descrito no Quadro 2.

| Dias de Coleta | Resíduo Úmido | Resíduo Seco |
|---------------------------------|---------------|--------------|
| Segunda, Quarta e Sexta - Feira | x | |
| Terça e Quinta - Feira | | x |

Quadro 2: Dias da semana de coleta do resíduo úmido e seco.

Fonte: Empresa Mineração Rio do Norte S. A. (2008).

O resíduo úmido correspondente à fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos constituída, geralmente, por restos de comida e sobras de cozinha. Já o resíduo seco representa a fração dos resíduos sólidos urbanos, constituída, geralmente, por: jornais, papel, papelão, sacos plásticos, embalagens em geral, garrafas e etc.

Esse tipo de coleta se dá em virtude do sistema de coleta seletiva desenvolvida na cidade, o que facilita em parte o trabalho da triagem dos constituintes dos resíduos para o tratamento dos mesmos, porém o sistema não é eficaz uma vez que parte da população não separa adequadamente o seu resíduo, pois se observou no momento da triagem a mistura de resíduo seco com úmido. Além da coleta seletiva, realizada porta a porta, existe também a coleta de capina e poda de árvores provenientes da limpeza de áreas públicas e vilas residenciais.

TRATAMENTO E DISPOSIÇÃO FINAL

O tratamento e disposição final dos resíduos sólidos urbanos de Porto Trombetas são realizados através da Usina de Triagem e Compostagem (UTC) e pelo Aterro Controlado, existente na cidade.

Após a etapa de coleta os resíduos são transportados até a UTC, onde primeiramente ocorre a recepção dos mesmos, descarregados em silos metálicos, para posteriormente serem triados.

A quantificação dos resíduos sólidos é realizada no momento da recepção, quando estão no silo. Com o auxílio de uma régua graduada é executada a medição estimada dos resíduos que chegam de cada veículo, utilizando-se como parâmetro de medição o volume (m³). A operação da UTC ocorre de acordo com os dias de coleta de resíduos sólidos mostrado no Quadro 3.

| Dias de Operação | Compostagem | Benefic. dos Materiais Recicláveis |
|---------------------------------|-------------|------------------------------------|
| Segunda, Quarta e Sexta - Feira | x | |
| Terça e Quinta - Feira | | x |

Quadro 3: Dias de operação da UTC.

Fonte: Empresa Mineração Rio do Norte S. A. (2008).

BENEFICIAMENTO DOS MATERIAIS RECICLÁVEIS

Quando os resíduos secos chegam a UTC eles passam por um processo de beneficiamento, que é a triagem dos constituintes dos resíduos, e pelo enfardamento do material reciclável. O objetivo desse processo é tornar os materiais recicláveis adequados ao destino final, que podem ser doados para ONG's ou vendidos para os sucateiros. A Figura 4 apresenta as etapas do beneficiamento dos materiais recicláveis.

a) Triagem dos Resíduos Secos: Após o descarregamento dos resíduos no silo, eles chegam até o transportador de correia, onde é realizada manualmente a triagem dos mesmos, da qual a parte reciclável do resíduo (papelão, plástico e metal) é separada para posteriormente serem enfardadas;



b) Enfardamento dos Materiais Recicláveis: Depois da etapa de triagem dos resíduos secos, os materiais recicláveis passarão por um processo de enfardamento, com a utilização de uma prensa compactadora;

c) Depósito de Materiais Recicláveis: Após a etapa de prensagem do material, o fardo gerado é armazenado em um depósito de material reciclável.



Figura 4: Beneficiamento dos materiais recicláveis.

PROCESSAMENTO DO MATERIAL ORGÂNICO (COMPOSTAGEM)

Após a etapa de coleta dos resíduos úmidos, eles são transportados até a UTC, onde são tratados através da técnica de compostagem, que consiste em um processo biológico aeróbio e controlado de tratamento de resíduos orgânicos para a produção de composto orgânico. Esse processo leva um período aproximado de 120 dias para se realizar. A Figura 5 mostra as etapas do processamento do material orgânico.

- a) Triagem do Resíduo Úmido:** Depois dos resíduos serem descarregados no silo, eles chegam até o transportador de correia, onde é realizada a triagem do resíduo úmido de forma manual pelos operadores, do qual a parte orgânica vai para o triturador e o material rejeitado (resíduos inertes) desse processo é direcionado para o aterro controlado;
- b) Trituração da Matéria Orgânica:** Após a triagem do material, a parte orgânica é encaminhada ao triturador para facilitar o processo de compostagem com o objetivo de promover uma homogeneização, melhorar a porosidade e proporcionar menor compactação da massa de resíduos. Aconselha-se que a granulometria das partículas do material orgânico esteja na faixa de 10 mm a 50 mm, porém neste processo não se verificam essas dimensões dos materiais triturados, em virtude da falta de ajustamento das facas de corte do triturador;
- c) Preparação da Matéria-Prima:** Depois da etapa de trituração do material orgânico, este é encaminhado ao pátio de compostagem onde inicialmente será realizada separação de materiais inertes e grosseiros da massa orgânica, e posteriormente essa massa orgânica (rica em nitrogênio) será misturada com material palhoso (capim seco e poda, rico em carbono, proveniente do serviço de limpeza pública). Essa mistura é importante no balanço da composição de nutrientes no caso a relação carbono/nitrogênio que deve atender a faixa de 30:1 à 35:1. Mas verificou-se que na UTC de Porto Trombetas essa relação não é dada desta forma;
- d) Montagem das Leiras ou Pilhas de Compostagem:** A montagem da leira inicia-se com uma camada uniforme de material palhoso colocada em toda a área que a leira ocupará, com mais ou menos 25 cm de espessura e, em seguida, coloca-se o resíduo orgânico e material palhoso, que serão misturados, depois da mistura a leira é coberta com material palhoso. Quando montada, a leira obtém uma configuração geométrica de dimensão média da ordem de 0,75 x 2,10m (Altura x Largura), mas de acordo com Pereira Neto (1996), a leira deve estar com uma altura 1,60 m e com largura variando de 3,50 m a 4,00 m. Essas dimensões são importantes no processo de oxigenação da massa orgânica.



Figura 5: Processamento do material orgânico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a análise dos resultados foram estudadas duas leiras de compostagem constituídas por materiais diferentes, a leira nº 001 (material orgânico e capim cortado) e a leira nº 007 (material orgânico, capim cortado e serragem de madeira). O estudo das leiras foi realizado a partir dos resultados obtidos do monitoramento do processo realizado na UTC, ou seja, por meio de anotações do controle de temperatura, umidade e ciclo de reviramento.

As Figuras 6 e 7 ilustram, respectivamente, o comportamento da temperatura das leiras nº 001 e nº 007, tomando-se como referência o topo, meio e base, onde se observa que em certos trechos há uma descontinuidade da curva de temperatura, ocorrida devido a ausência do monitoramento que pode ter sido causado por parte do operador ou pelo problema apresentado no termômetro digital. Posteriormente descobriu-se que o operador não tinha habilidade com o equipamento.

Na Figura 6, nota-se que no 3º trecho do gráfico, correspondente ao 23º dia, a temperatura chega a atingir 34°C e no 4º trecho, entre o 37º ao 53º dia, a temperatura oscila de 25°C a 40°C. Esses valores de temperatura indicam que o monitoramento não está sendo realizado adequadamente, pois durante essa primeira fase do processo (degradação ativa) deveriam ocorrer temperaturas controladas entre 45°C a 65°C, para garantir a maximização da degradação da matéria orgânica e eliminação dos microorganismos patogênicos presentes na massa orgânica.

Na Figura 7, observa-se que nos primeiros dez dias de idade da leira a temperatura ainda não tinha atingido a faixa termofílica (45°C a 65°C) que caracteriza a primeira fase de compostagem (degradação ativa). Isso pode ter ocorrido em virtude do elevado teor de umidade, conforme Figura 9. Observa-se que no 2º trecho do gráfico, que se encontra entre o 18º ao 40º dia, a temperatura está numa faixa mais adequada, oscilando de 40°C a 60°C, porém esses valores não correspondem com a elevada umidade encontrada, conforme visto na Figura 5.

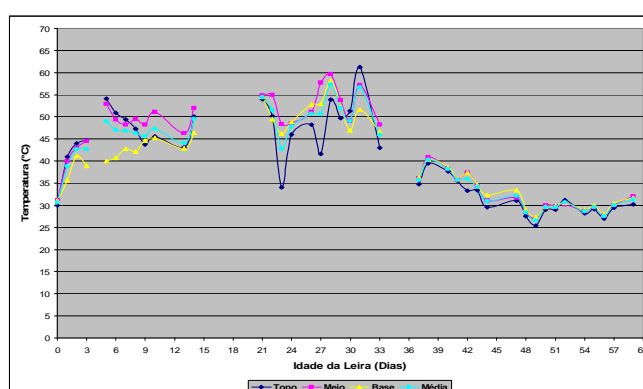


Figura 6: Comportamento da temperatura (Leira nº 001).

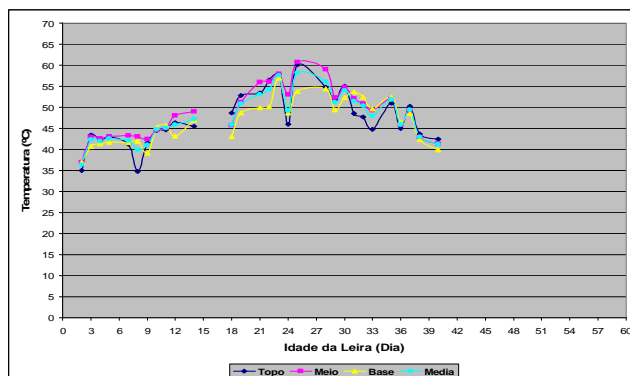


Figura 7: Comportamento da temperatura (Leira nº 007).

As Figuras 8 e 9 demonstram, respectivamente, o comportamento da umidade das Leiras nº 001 e nº 007. De acordo com estes pode-se observar que a umidade se manteve acima de 60%, esse fato pode ter ocorrido devido à configuração geométrica da leira, que se dá de maneira aleatória, pois a altura média das mesmas é da ordem de 0,70 m, e altura muito baixa absorve rapidamente umidade do solo. Esse elevado teor de umidade indica que está ocorrendo anaerobiose no processo ocasionando dessa forma a produção considerada de chorume e a exalação de fortes odores.

Fazendo um comparativo entre as duas leiras estudadas com o que foi observado *in loco*, pode-se dizer que os dados obtidos da ficha de controle são duvidosos, uma vez que as temperaturas demonstradas estão abaixo do que realmente se observou, como mostra Figura 10.

A Figura 10 mostra a emissão de vapor em uma leira de compostagem, no momento em que a temperatura registrada era da ordem de 70°C e teor de umidade estava em 100%. Essas condições se dão devido a vários fatores ocorridos no início do processo de compostagem como os diâmetros das partículas, as dimensões geométricas da leira e relação carbono/nitrogênio estarem fora da faixa permitida. Neste estudo não será comentada a fase de maturação, pois as leiras no período estudado, não chegaram a terminar a fase de degradação ativa.

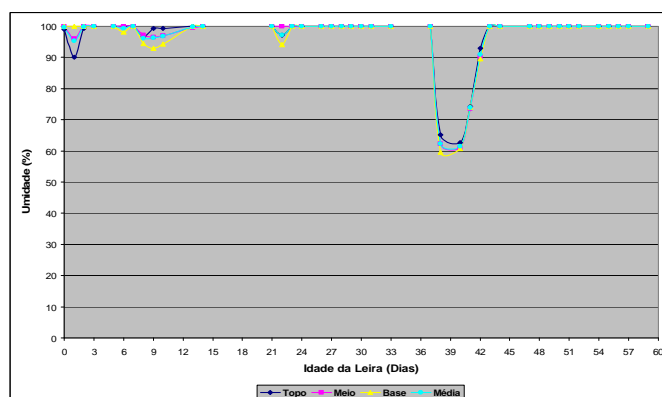


Figura 8: Comportamento da umidade (Leira nº 001).

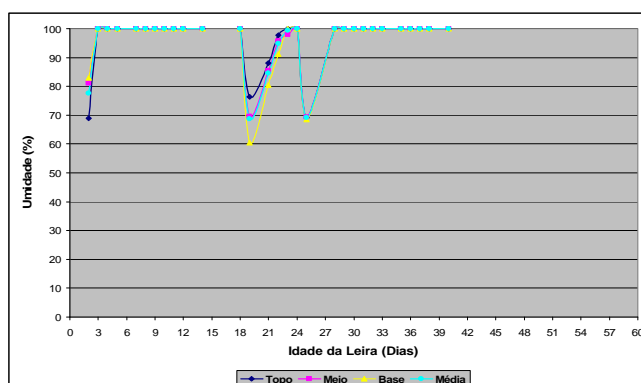


Figura 9: Comportamento da umidade (Leira nº 007).



Figura 10: Emissão de vapor de uma leira.

CONCLUSÕES/RECOMENDAÇÕES

A UTC de Porto Trombetas - Oriximiná/PA, apesar de bem projetada e dimensionada, apresentou várias deficiências devido à falta de atenção na operação e no acompanhamento dos parâmetros que influenciam o processo de compostagem, que pode ter ocorrido em virtude da mão-de-obra não qualificada para tal processo. E nesse sentido recomenda-se a realização de curso de capacitação da mão-de-obra, para obter-se uma melhor operação da usina.

Com relação às leiras houveram falhas no monitoramento dos parâmetros de temperatura e umidade, pois os dados obtidos do controle da UTC não condiziam com o que se verificou *in loco*, em geral observando-se altos registros de temperatura e umidade, que ocasionou a anaerobiose, e como consequência disso a morte de microorganismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica como é o caso dos microorganismos mineralizadores. Esses fatores afetaram no retardamento do processo e consequentemente na obtenção de um produto final sem boas características químicas para seu emprego.

As elevadas temperaturas que foram analisadas podem ter sido causadas pela maneira como foi realizado o reviramento das leiras, que por mais que seja executado a cada três dias, como recomenda Pereira Neto (1996), deve ser feito de forma a homogeneizar toda a massa de compostagem. Esse procedimento é preciso para atender a demanda mínima de oxigênio necessária para os microorganismos desenvolverem suas atividades microbiológicas e assim promover a estabilização da matéria orgânica. Outro fator que está afetando a temperatura é o elevado teor de umidade devido à configuração geométrica da leira, que se dá de maneira aleatória, provocando a anaerobiose no processo, ocasionando a produção considerada de chorume e a exalação de fortes odores.

Uma medida que deve ser tomada para resolver este problema seria a mudança de configuração geométrica da leira, a partir do aumento da altura para não absorver com muita facilidade a umidade do ambiente. Sugere-se que as leiras sejam montadas com configuração geométrica de área da seção transversal triangular com altura próximo de 1,40 m, largura de 3,50 m e comprimento variando de 5,50 à 8,0 m.

A questão da granulometria das partículas encontra-se fora dos padrões recomendados, o que dificulta a degradação da matéria orgânica pelos microorganismos, provocando dessa forma a emissão de maus odores das leiras de compostagem. Para solucionar este problema precisa-se corrigir o tamanho das partículas



deixando-as na faixa recomendada, entre 10 a 50 mm. Essa medida promoverá a melhor homogeneização, porosidade, menor compactação e maior capacidade de aeração da massa de compostagem.

Se o processo de compostagem for realizado de maneira adequada, dentro dos parâmetros de projeto, sem dúvida o resultado final será um composto de boa qualidade pronto para ser utilizado para diversos fins como: práticas de jardinagem, recuperação do solo causado pela erosão, práticas de agricultura, projetos paisagísticos, reflorestamento, hortos e produção de mudas, cobertura de aterros, etc.

O sistema de coleta seletiva desenvolvido na cidade apresentou-se ineficiente devido parte da população não separar adequadamente o seu resíduo, pois se observou no momento da triagem a mistura de resíduo seco com úmido. Essa situação ocorre em função do intenso fluxo migratório de pessoas, com hábitos diferentes, que vem para a região com o objetivo de se empregar, em virtude da economia gerada nesta. Para a solução deste problema recomenda-se que sejam desenvolvidas na cidade campanhas de educação sanitária e ambiental, de forma contínua, com a finalidade de conscientizar a população sobre os impactos ambientais decorrentes do destino inadequado dos resíduos sólidos, causando danos à saúde humana.

Face a grande quantidade de resíduos que chegam à UTC, é preciso que o quadro de funcionários seja equilibrado para atender à operação da mesma, e também aconselha-se que o reviramento das leiras seja realizado por meio mecanizado com o uso de maquinários (trator de pequeno porte, tipo pá-carregadeira), com o objetivo de otimizar a operação. Nos Quadros 4 e 5 estão apresentados, respectivamente, a Mão-de-obra necessária, equipamentos e ferramentas básicas para a operação da usina.

Atualmente o pátio de compostagem da UTC apresenta uma área útil de 600 m², sendo necessária sua ampliação para suprir a quantidade de resíduos a serem compostados. O material palhoso representa 70% do composto, enquanto os outros 30% ficam a cargo dos resíduos orgânicos domiciliares (resto de alimentos), que no total representam aproximadamente 6.904,75 kg/dia de matéria orgânica compostável até o ano de 2013, com a finalidade de atender a concentração adequada de nutrientes e uma relação carbono/nitrogênio próxima a 35:1. A área ideal para adequação desse processo seria de 6.160,00 m² com o objetivo de satisfazer o período de compostagem de aproximadamente 100 dias e o processo de leiras aeradas por reviramento. Para manter o material palhoso, utilizado na compostagem, sempre seco recomenda-se a aquisição de depósito para a estocagem desse material.

| ITEM | FUNÇÃO | QUANTIDADE |
|--|--|------------|
| 1 | Encarregado | 01 |
| 2 | Auxiliar de escritório | 01 |
| 3 | Receptor de resíduo sólido | 05 |
| 4 | Técnico em Compostagem | 01 |
| 5 | Auxiliar técnico | 01 |
| 6 | Tratorista | 01 |
| 7 | Estagiário (Eng. Sanitária e Ambiental) - opcional | 01 |
| Total | | 11 |
| Nota: Em caso de reviramento manual das leiras, deve-se acrescentar mais 8 funcionários. | | |

Quadro 4: Mão-de-obra necessária para a operação da usina.

| ITEM | EQUIPAMENTOS E FERRAMENTAS | QUANTIDADE |
|------|--|------------|
| 1 | Trator tipo pá carregadeira ou similar | 01 |
| 2 | Balança rodoviária | 01 |
| 3 | Carrinho de mão | 15 |
| 4 | Pá quadrada | 20 |
| 5 | Enxada | 20 |
| 6 | Tambor de 200 litros | 10 |
| 7 | Balde de 20 litros | 10 |
| 8 | Mangueira de 50 metros | 05 |
| 9 | Peneira rotativa (mecanizada) | 01 |

Quadro 5: Equipamentos e ferramentas básicas para a operação da usina.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Empresa Mineração Rio do Norte S. A - MRN. Localização de Porto Trombetas. Disponível em: <http://www.mrn.com.br/index_1024.htm> Acessado em: 18/05/2005.
2. Empresa Mineração Rio do Norte S. A - MRN. Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos - PGIRSU de Porto Trombetas/PA. Porto Trombetas, 2008.
3. FONSECA, Edmílson. Iniciação ao Estudo dos Resíduos Sólidos e da Limpeza Urbana. 2ª edição. João Pessoa: JRC gráfica, 2001. 130p.
4. NASCIMENTO, Maria de Lourdes Amaral; COLLARES, Eduardo Goulart. Metodologia para Revitalização de Unidades de Triagem e Compostagem: Aplicação Prática em São João Batista do Glória - MG. In: SIMPÓSIO LUSO – BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, AMAZÔNIA: DESENVOLVER SEM DEGRADAR, 2008, Belém. Anais. Belém: 2008, n. 13, 2008. 1 CD – ROM.
5. PEREIRA NETO, João Tinoco. Manual de Compostagem: processo de baixo custo. Belo Horizonte: UNICEF, 1996. 56p.