

CARACTERIZAÇÃO DE LODO E DEFINIÇÃO DE MÉTODO DE COMPOSTAGEM PARA A ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DO MUNICÍPIO DE VÁRZEA PAULISTA

Gustavo.H.Silva (Centro Universitário Padre Anchieta)

Phillip C. Nonato (Centro Universitário Padre Anchieta)

Raquel Carnivale Silva Melillo (Centro Universitário Padre Anchieta)

HipólitoA.S. Gomes (Centro Universitário Padre Anchieta)

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo adequar a destinação dos resíduos sólidos do município de Várzea Paulista –SP, tendo como base o método da compostagem. O foco foi analisar qual o método de compostagem seria mais viável para a estação de tratamento de efluentes do município. A análise foi fundamentada no levantamento bibliográfico e em dados coletados durante visitas técnicas. Para validar os valores teóricos obtidos, foi necessário analisar o espaço disponível, os sistemas de tratamento e gerenciamento do lodo da estação, além das características do lodo proveniente do tratamento de esgoto. Todos os dados operacionais deste estudo foram fornecidos pela SABESP, empresa que administra e opera a estação de tratamento de esgoto (ETE) que analisamos. Como resultados, obteve-se que a ETE produz um lodo bastante estável com baixo odor e características viáveis à compostagem como pH e umidade. A disponibilidade de espaço e o custo dos sistemas estudados, além das características do lodo e do sistema permitiram selecionar o método de compostagem das leiras estáticas aeradas. Concluiu-se então que o sistema selecionado irá satisfazer as necessidades da estação e contribuir para a qualidade do ambiente e vida da população.

Palavra-chave: Resíduos Sólidos, Compostagem, Leiras Estáticas Aeradas,.

ABSTRACT: The present work had as objective to adapt the destination of the solid waste of the municipality of Várzea Paulista -SP, based on the composting method. The focus was to analyze which method of composting would be most feasible for the effluent treatment plant of the municipality. The analysis was based on the bibliographic survey and data collected during technical visits. To validate the theoretical values obtained, it was necessary to analyze the available space, the treatment and management systems of the sludge of the station, besides the characteristics of the sludge coming from the sewage treatment. All operational data from this study were provided by SABESP, a company that manages and operates the sewage treatment plant (ETE) we analyzed. As results, it was obtained that the ETE produces a very stable sludge with low odor and viable characteristics to the compost like pH and humidity. The availability of space and the cost of the systems studied, in addition to the characteristics of the sludge and the system allowed to select the composting method of the aerated static piles. It was then concluded that the selected system will meet the needs of the station and contribute to the quality of the environment and life of the population.

Keywords: Solid Waste, Composting, Aerated Static Piles.

1. INTRODUÇÃO

A vida urbana e sistemas industriais geram efluentes provenientes dos tratamentos de água e esgoto que quando tratados resultam em toneladas de resíduos sólidos, uma preocupação mundial, no entanto, ainda insipiente e falha em muitos lugares (ANDREOLI ; PINTO, 2001).

Os problemas que envolvem os resíduos sólidos proveniente de estação de tratamento de esgoto tornam-se fundamentais face à crescente preocupação com o meio ambiente que impulsiona a expansão e diversidade de práticas de fermentação, método historicamente empregado pelo homem. Muitas soluções são utilizadas para minimizar o odor e a presença de patógenos no lodo, englobando processos químicos, físicos e biológicos para sua estabilização (FERNANDES ; SOUZA, 2001).

Dentre os resíduos acumulados, estima-se que mais de 60% seja composto de resíduos orgânicos que podem ser transformados em fontes de nutrientes para o cultivo (OLIVEIRA *et al.*, 2004). Segundo Dias (1996), dentre as soluções encontradas para a problemática dos resíduos orgânicos gerados em estações de tratamento, a compostagem é uma das mais viáveis. Este processo permite reciclar os nutrientes da matéria orgânica de forma ampla e benéfica, tornando-se uma questão de eficiência ecológica (INÁCIO ; MILLER, 2009).

Podemos que consiste no processo de umificação; o composto resultante deste processo é um excelente definir compostagem como um processo de aeração controlada desenvolvido por uma população de microorganismos, efetuado em duas fases: (I) fase ativa, em que ocorrem as reações bioquímicas de oxidação, chamadas termofílicas; e (II) fase de maturação, condicionador de solos para agricultura, áreas degradadas entre outros (PEREIRA NETO,1987).

Leite *apud* Sampaio (2010), aponta que embora venha crescendo a utilização do biossólido proveniente do tratamento de esgoto na agricultura, 45% do lodo gerado no país é destinado a aterros sanitários, e apenas 5,6% é destinado a agricultura, sendo que os 49,4% restantes não têm destino definido, culminando na possibilidade de grande parte desta parcela também ser destinada a aterros.

O aumento populacional e o manejo inadequado mencionado leva ao aumento desenfreado da geração de resíduos sólidos que intensifica os problemas ambientais e de saúde pública (MOREJON, *et al* 2011). Por este motivo estão sendo estudadas propostas para o gerenciamento destes materiais.

Este trabalho se propôs a realizar um estudo sobre a destinação dos resíduos sólidos do município de Várzea Paulista – SP, tendo como base o método da compostagem. O foco foi analisar qual o método de compostagem mais viável, partindo do lodo gerado na estação de tratamento de efluentes do município, com a finalidade de remoção dos patógenos presentes. A análise foi fundamentada no levantamento bibliográfico e em dados coletados durante visitas técnicas, pesquisas em artigos e literaturas. Com o conhecimento adquirido e as pesquisas realizadas durante o estudo, buscou-se obter um resultado proficiente e produtivo para o município de Várzea Paulista – SP.

A escolha do município de Várzea Paulista no Estado de São Paulo, se deu pelo fato deste apresentar um dos melhores sistemas de tratamento de efluentes do Estado e pela necessidade local de realizar a gestão de seus resíduos sólidos provenientes do sistema, bem como adequar métodos para economizar com o transporte dos resíduos para outras cidades, além de reduzir despesas de tratamento desses resíduos, incorporando ao município um sistema sustentável.

A estação de tratamento de esgoto (ETE) do município em questão, que foi o foco do trabalho, teve sua operação iniciada em janeiro de 2013 e é gerenciada atualmente pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), com capacidade de tratamento de 560 L/s de efluentes, gerando 15 ton/mês de lodo biológico, atendendo uma população média de 200 mil habitantes.

Neste caso, o lodo gerado está sem destinação definida, entende-se que uma proposta de compostagem será ideal para proporcionar uma destinação sustentável, reaproveitando os resíduos gerados na própria estação ou até permitir a comercialização para a agricultura ou para uso próprio uma vez que o município poderá utilizar o fertilizante gerado em viveiros de plantas, parques públicos e praças, além da recuperação de áreas degradadas; favorecendo o meio ambiente que atualmente sofre com a gestão de seus resíduos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A Compostagem

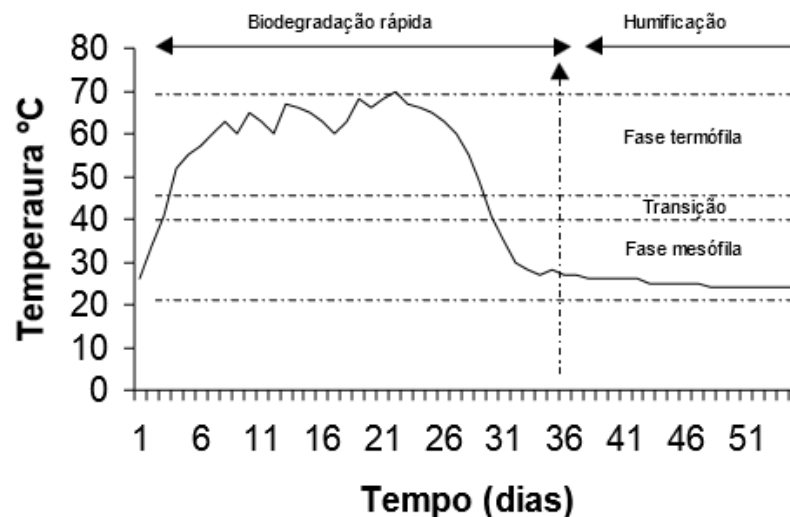
A compostagem pode ser definida como uma bioxidação aeróbia exotérmica de um substrato orgânico heterogêneo, no estado sólido, caracterizado pela produção de CO², água, liberação de substâncias minerais e formação de matéria orgânica estável (FERNANDES &

SILVA 2000). A compostagem pode ser definida como um processo de estabilização ou humificação de resíduos orgânicos, por populações de microorganismos, em que o resíduo se torna uma matéria estável (NUNES, 2009). O húmus resultante deste processo é um excelente condicionador de solos.

Segundo Fernandes & Silva (2000), o processo de compostagem inicial é marcado pelo rápido crescimento dos organismos mesófilos e pela elevação de temperatura, devido ao processo de biodegradação; com a elevação da temperatura acima de 45°C, as atividades dos organismos mesófilos diminuem, dando início as ações dos organismos termófilos, extremamente ativos, causando a degradação da matéria, liberando mais calor e elevando a temperatura, exterminando os microrganismos patogênicos presentes no lodo (figura 1).

Conforme a matéria orgânica de fácil biodegradação vai se esgotando, a temperatura começa a diminuir e a ação dos microrganismos termófilos se torna limitada, dando lugar novamente aos organismos mesófilos, porém com atividade mais moderada (PINTO, 2001). Neste momento se inicia a fase de humificação ou maturação, em que continua a degradação da matéria orgânica, redução dos organismos patógenos remanescentes e a humificação do material, resultando em um biossólido para uso agrícola (PEREIRA NETO, 2007).

Figura 1: Evolução da temperatura de uma leira em compostagem



Fonte: FERNANDES & SILVA, (2000).

2.2 Parâmetros de controle de processo

Para que o resultado esperado do processo de composição seja alcançado e por se tratar de um processo biológico, alguns fatores são essenciais: aeração, temperatura, umidade, relação carbono e nitrogênio (C/N), tamanho da partícula (granulometria), pH e teor de sólidos fixos (FERNANDES ; SILVA, 2000).

Tais fatores são determinantes para a eficácia da atividade microbiana, sendo que haverá maior eficiência no processo dependendo do material a ser compostado em função de uma combinação ótima dos fatores (VALENTE *et al* , 2007).

2.2.1 Teor de sólidos fixos e aeração

A estabilização do lodo reflete o grau de transformação de sua fração orgânica, portanto, lodos menos estabilizados apresentam teor de sólidos fixos baixos, sendo sua maior parte formada por matéria orgânica.

O grau de estabilização do lodo influencia a atividade microbiológica durante o processo de compostagem; lodos com alto grau de estabilização (50-60% de sólidos fixos) podem não conter os nutrientes energéticos indispensáveis aos microrganismos. A consequência disso é que as misturas de resíduos em processo de compostagem podem apresentar temperaturas baixas, mesmo sendo observados os parâmetros físico-químicos ideais para o processo de compostagem. É possível compostar o lodo líquido (3-6% de sólidos totais) porém na maioria das estações de compostagem em funcionamento em vários países, são utilizados lodos com teores de sólidos na faixa de 15-25% (FERNANDES ; SILVA, 2000).

A aeração ou o fornecimento de oxigênio é outro fator essencial para o desenvolvimento dos microrganismos responsáveis pela degradação da matéria orgânica durante todo o processo de compostagem, porém, é necessário ser controlada, pois em excesso pode resfriar e ressecar o composto, impedindo a higienização do lodo (TORRES DE CARVALHO, 2002). Segundo Pinto (2001), o ideal para a compostagem de lodo de esgoto, é misturar resíduos estruturantes no processo, como restos vegetais, cavacos de madeira e picados em tamanhos maiores de forma a aumentar a porosidade da massa em compostagem e permitir sua aeração.

2.2.2 Temperatura e umidade

Segundo Pereira Neto (2007), esse parâmetro constitui um dos indicadores mais seguros da eficiência do processo de compostagem, demonstrando o equilíbrio biológico do sistema.

Recomenda-se, registrar-se temperatura ambiente no material em compostagem, em sua fase mesófila na faixa de 25°C a 45°C, conforme ocorre a decomposição, a temperatura se eleva para valores que variam de 45°C a 65°C, prevalecendo os organismos termófilos, está é a fase onde ocorre eliminação dos patógenos e a temperatura deve ser mantida ao longo de todo o processo de estabilização da matéria orgânica sofrendo decréscimo somente no final desta etapa, caracterizando o início da maturação (FERNANDES ; SILVA, 2000).

No processo, a presença de água é essencial para os microrganismos tornando a manutenção da umidade correta muito delicada, para tanto, deve ser monitorada durante todo o ciclo a fim de evitar problemas operacionais (SAMPAIO, 2010 apud LEITE,2015).

Conforme Kiehl (2012) o valor da umidade deve estar sempre dentro da faixa de 40% a 60% sendo um valor ótimo 55%, valores de umidade abaixo de 40% restringem a atividade microbiana para degradação da matéria orgânica, enquanto valores acima de 60% inibem a passagem do ar pelos espaços vazios da massa, criando zonas de anaerobiose (SHAMMAS ; WANG, 2007). Segundo Pereira Neto (2007), visando manter valores ideais ainda é indicado que os lodos sejam desidratados previamente para remoção do excesso de água.

2.2.3 Relação C/N, tamanho da partícula e pH

A relação C/N é essencial para o desenvolvimento dos microrganismos atuantes na compostagem, pois necessitam de carbono como fonte de energia e de nitrogênio para sua reprodução. O controle da relação de nutrientes também se dá pela introdução e mistura de materiais mais ricos em carbono como resíduos palhosos; ou nitrogênio como excretas de animais ou lodo de esgoto.

O tamanho da partícula tem grande influência no processo, pois a granulometria no processo de compostagem, quanto menor o índice maior a superfície de contato exposta à atividade microbiológica e assim mais rápida sua decomposição, porém, um material muito fino traz problemas como encharcamento, compactação entre outros (SAMPAIO, 2010 apud LEITE, 2015).

Por fim, a acidez ou basicidade do resíduos interfere na ação dos microrganismos sendo que foi analisado que o processo de compostagem acontece em uma faixa da pH entre 6,0 e 9,0, uma vez que valores fora desse padrão reduzem a atividade microbiana (SAMPAIO, 2010 apud LEITE,2015).

2.3 Sistemas para a compostagem

O sistema de compostagem pode ser conduzido de diversas maneiras, desde as formas mais simples, sistemas manuais, até sistemas mais complexos, para grandes quantidades (SAMPAIO, 2010 apud LEITE,2015).

2.3.1 Sistema de leiras revolvidas (windrow)

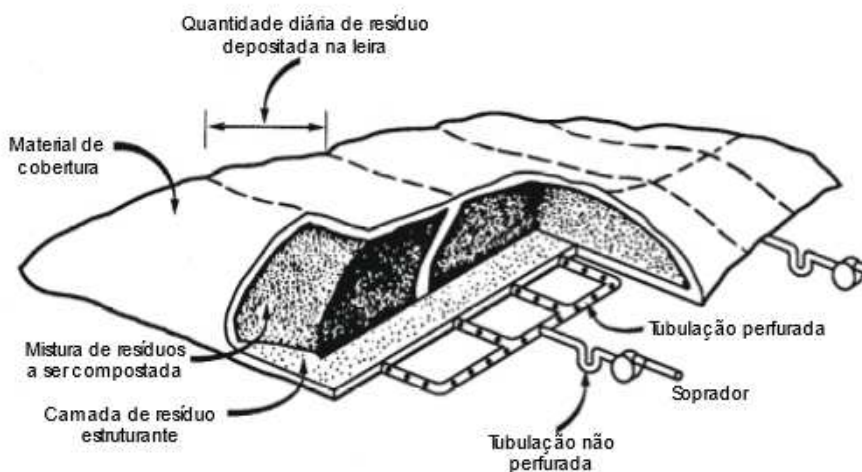
A mistura de resíduos é disposta em leiras com uma base que pode variar de 4,0 a 4,5 metros, e altura de 1,5 a 1,8 metros, sendo o comprimento determinado pelas dimensões do terreno; sua aeração ocorre de forma natural por processos de difusão e convecção e pelos movimentos realizados periodicamente por pá carregadeira ou tratores específicos (TORRES DE CARVALHO, 2002).

Suas vantagens são o baixo investimento inicial, flexibilidade de processar volumes variáveis de resíduos, simplicidade de operação, uso de equipamentos simples, produção de composto homogêneo e de boa qualidade e a possibilidade de rápida diminuição do teor de umidade das misturas devido ao revolvimento (FERNANDES & SILVA, 2000).

Dentre as suas desvantagens estão a maior necessidade de área, o problema de odor que por ser um processo ao ar livre é mais difícil de ser controlado, dependências do clima já que o sistema fica exposto a chuvas, podendo dificultar a qualidade do produto final, além de que o monitoramento da aeração deve ser mais cauteloso para garantir a elevação da temperatura (FERNANDES & SILVA, 2000).

2.3.2 Leiras Estáticas Aeradas (Static Pile)

Neste método, as leiras são preparadas sobre uma rede tubular e perfurada onde ocorre o fornecimento de ar por aspiração ou insuflação, vide figuras 2 e 3.

Figura 2: Funcionamento de uma leira estática aerada (LEA)

Fonte: FERNANDES & SILVA, (2000).

Segundo Andreoli & Pinto (2001), quando o ar é aspirado ocorre menor formação de caminhos preferenciais de aeração tornando a degradação mais uniforme e em menor tempo. De acordo com Torres de Carvalho (2002) este método permite operar a compostagem a temperaturas em torno de 80-85°C, a partir de uma população microbiana selecionada que mantém sua atividade mesmo em temperaturas elevadas, tornando um composto com baixa umidade e total eliminação dos patógenos.

Segundo Fernandes & Silva (2000) suas vantagens são o baixo investimento inicial, melhor controle de odores, fase de estabilização mais rápida que as leiras revolvidas, utiliza melhor a área disponível e tem possibilidades de controle da temperatura e de aeração; suas desvantagens são a necessidade de um bom dimensionamento do sistema de aeração e controle dos aeradores durante o processo de compostagem, além do fato de sua operação ser influenciada pelo clima.

Figura 3: Leira estática aerada

Fonte: SILVA, (2015).

2.3.3 Reatores biológicos (In vessel)

Os reatores utilizados para condução da compostagem são sistemas fechados com boa eficiência porque permitem o controle de todos os parâmetros relacionados ao processo (ANDREOLI; PINTO, 2001), porém, custos elevados e dificuldades de construção e manutenção dos reatores para grandes volumes limitam seu uso em pequenas estações de tratamento.

Ao analisar as vantagens, verifica-se a menor demanda por área, o melhor controle do processo de compostagem, a independência sobre fatores climáticos e a facilidade para controlar odores; por outro lado, necessita de um maior investimento inicial, depende de sistemas mecânicos especializados, tem menor flexibilidade operacional e há dificuldade no reparo de erros caso o sistema seja mal dimensionado ou a tecnologia proposta seja inadequada (FERNANDES; SILVA, 2000).

2.4 Impactos ambientais

Embora existam algumas restrições quanto ao meio físico para a escolha da área de uma usina de compostagem, normalmente os critérios estéticos (odor, barulho, transporte) e a atração de vetores são os itens mais relevantes a serem considerados. Do ponto de vista fisiográfico, devem ser evitadas as áreas próximas a mananciais, pois o local pode estar sujeito à erosão e transporte de resíduos pela chuva; áreas com o lençol freático pouco profundo também devem ser evitadas por uma questão de segurança ao risco de contaminação por infiltração das águas do subsolo.

Mesmo que a usina seja bem operada, por estar recebendo constantemente o lodo, haverá odores gerados pelo processo, portanto, é necessário analisar a direção dos ventos dominantes, para que os odores não sejam enviados às áreas habitadas ou investir em metodologias de contenção de odores como criar uma barreira verde com o plantio de árvores no perímetro da estação isolando-a da zona urbana, tal iniciativa pode impedir a dissipação dos odores e tornar a paisagem mais agradável.

O impacto da instalação da usina no tráfego também deve ser considerado, pois caminhões transportando lodo, mesmo cobertos com lona, podem espalhar odores. Alguns impactos causados pela instalação da usina podem ser minimizados por medidas relativamente simples e adequadas de projeto e operação com um calendário conveniente de transporte e

descarregamento de lodo, o que pode minimizar o problema de odor e tráfego, além de evitar o armazenamento de grandes volumes de lodo na usina (FERNANDES; SILVA, 2000).

Independente dos impactos gerados, entende-se que a instalação das usinas de compostagem é mais benéfica uma vez que possibilita o atendimento aos requisitos da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) que contém instrumentos importantes para permitir o avanço necessário ao País no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos.

3. MATERIAIS E METODOS

O ponto de partida do projeto foi a vivência em uma estação de compostagem durante estágio realizado no Departamento de Água e Esgoto do município de Jundiaí - SP, em que foram acompanhados os processos de operação e tratamento do lodo para produção de fertilizante agrícola, rendendo conhecimento sobre o assunto em vigor e o questionamento sobre sua aplicação no município de Várzea Paulista, também no Estado de São Paulo.

Através levantamento bibliográfico, dados coletados durante visitas técnicas, pesquisas em artigos e literaturas, foi realizado um levantamento das informações necessárias para definição de um método de compostagem eficiente e econômico que pudesse suprir as necessidades da estação de tratamento do município de Várzea Paulista- SP e atender os requisitos da Política Nacional dos Resíduos Sólidos, tratando e destinando adequadamente seus resíduos e poupando a destinação para aterros sanitários.

Em um primeiro momento foram realizadas visitas técnicas à estação de compostagem da Estação de Tratamento de Esgoto de Jundiaí para acompanhar e conhecer o processo das leiras estáticas aeradas e analisar a sua eficiência.

Então, foram realizadas visitas técnicas na ETE Sabesp de Várzea Paulista- SP para verificar o tratamento de esgoto em vigor, o gerenciamento do lodo, o espaço disponível para realizar a compostagem e ainda participar de reuniões para definir os objetivos do trabalho.

Finalmente, foram analisados os dados operacionais fornecidos pela ETE Sabesp de Várzea Paulista- SP para poder realizar a caracterização do lodo e seu potencial para compostagem, os dados foram comparados ao de outras estações da região para compreender melhor o método de compostagem mais adequado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Estação de tratamento de esgoto de Várzea Paulista-SP

A concepção do tratamento da estação é baseada em uma associação de dois processos biológicos distintos e complementares, sendo um estágio primário baseado na depuração biológica por via anaeróbia, através do emprego de reatores anaeróbios de manta de lodo e fluxo ascendente (UASB), complementado por um estágio secundário aeróbio através de um sistema de lodos ativados, na modalidade de aeração prolongada com emprego de reatores de fluxo alternado (RFA).

4.2 Etapas do tratamento de esgoto

Tratamento preliminar: Consiste em processos físicos que têm por objetivo a remoção de sólidos grosseiros, espuma e areia, para evitar danos às tubulações e sistemas de bombeamento, protegendo assim as etapas subsequentes do processo.

A primeira etapa do processo é o tratamento preliminar. Essa etapa é formada por duas unidades, gradeamento e unidade compacta de pré-tratamento (UCPT), através de bombas submersíveis o esgoto é recalcado para a unidade compacta de pré-tratamento (figura 4) constituída por peneiras estáticas e desarenadores em conjunto com um sistema de flotação. Após remoção dos sólidos em suspensão, o esgoto é distribuído para o tratamento biológico por meio de um compartimento conhecido como caixa de divisão de vazão I (CDV-I). Neste compartimento 70 % da vazão afluyente é direcionada para o reator UASB e a vazão restante (30%) é conduzida via by-pass diretamente para o reator de lodos ativados.

Figura 4: Unidades compactas de pré-tratamento



Fonte: SABESP, (2015).

Tratamento biológico: Predominam processos biológicos para remoção de matéria orgânica em suspensão fina e em forma de sólidos dissolvidos, além de nutrientes como nitrogênio e fósforo. Tal etapa é realizada em unidades controladas denominadas de reatores biológicos, figura 5.

O processo biológico da ETE Várzea Paulista é formado pelo emprego de reatores anaeróbios de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB) e pelo reator de lodos ativados na modalidade de aeração prolongada como pós-tratamento.

O perfil do reator UASB caracteriza-se por uma distribuição do lodo biológico variando de muito denso e com boas condições de sedimentação próximas ao fundo (leito de lodo), até uma zona de crescimento bacteriano mais disperso (lodo menos concentrado) e com piores condições de sedimentação denominada manta de lodo. A estabilização da matéria orgânica ocorre em todo o compartimento de digestão (leito e manta de lodo), sendo a mistura do sistema promovida pelo fluxo ascensional do esgoto e das bolhas de gás.

Figura 5: Reator UASB ETE Várzea Paulista- SP



Fonte: SABESP, (2015).

O processo de lodos ativados é um tratamento biológico, na qual, o esgoto afluente e a biomassa são intimamente misturadas, agitadas e aeradas em unidades chamadas tanque de aeração para logo se separar por sedimentação em decantadores. A maior parte do lodo ativado assim separado retorna para o processo, enquanto uma parcela menor é retirada para tratamento

específico ou destino final, o chamado lodo em excesso. Na figura 6 podem ser vistos os reatores de lodos ativados.

Figura 6: Reatores de lodos ativados



Fonte: Fotografia do autor.

Após o tratamento aeróbio, obtém-se o efluente tratado que é direcionado para a calha de medição da vazão final e deste segue para escada de aeração. Na passagem pela escada de aeração, o efluente recebe re-aeração natural elevando os níveis de oxigênio dissolvido. Ao passar por esse processo, o efluente tratado escoo através de um emissário até o ponto de lançamento ao corpo receptor (Rio Jundiá).

4.4 Caracterização do lodo

A característica do lodo depende da fonte geradora de esgoto, da situação social, econômica e dos hábitos da população que utiliza da água, pois sua composição é muito dinâmica. Geralmente o lodo de esgoto é composto em sua maior parte de matéria orgânica, principalmente por nitrogênio e fósforo, além de macro e micronutrientes e outros constituintes potenciais tóxicos.

Podemos considerar o lodo da estação em foco como um lodo misto, pois sua estabilização vem de um reator UASB de fluxo ascendente e de lagoas de aeração prolongada. Apresenta cor preta, com o lodo bem digerido, não apresenta odor ofensivo e pode ser

desidratado facilmente. Na tabela 1, abaixo estão expostos os componentes do lodo proveniente de 5 estações de esgoto, com base nestes dados, pôde-se analisar a variabilidade da composição de lodos gerados em 5 ETE's.

Tabela 1: Caracterização do lodo de 5 ETEs.

Atributo	Unid. ²	ETE				
		Várzea Paulista	ETE Barueri	ETE Franca	ETE Curitiba	ETE Jundiaí
Umidade	%	62,718	71,2	82,7	-	76,2
Sólidos Voláteis	%	-	56,8	72,5	-	69
pH	-	7,57	6,4	5,4	5,9	5,5
Carbono Orgânico	g/kg	-	293	382	321	226
Nitrogênio total	g/kg	-	42,1	68,2	49,1	21,2
Fósforo	g/kg	-	26,9	12,9	3,7	4,5
Potássio	g/kg	-	1	1	1,5	0,66
Cálcio	g/kg	-	47,8	24,8	15,9	6,6
Enxofre	g/kg	-	17,1	15,7	-	11,1
Sódio	g/kg	-	0,5	0,9	-	2,4
Magnésio	g/kg	-	4,5	2,2	6	1,3
Arsênio	mg/kg	<0,50	<1	<1	-	Nd
Alumínio	mg/kg	-	23.283	23317	-	11465
Cádmio	mg/kg	<0,50	9,4	2,05	3	9,2
Chumbo	mg/kg	30,65	348,9	140,5	123	136,4
Cobre	mg/kg	319,21	953	240,9	325	547
Cromo total	mg/kg	189,68	1297,2	1230,3	140	97,5
Mercúrio	mg/kg	<0,10	<0,01	<0,01	1	Nd
Molibdênio	mg/kg	-	<0,01	<0,01	-	Nd
Níquel	mg/kg	94,55	605,8	72,4	73	25,3
Selênio	mg/kg	<0,50	<0,01	<1	-	-
Zinco	mg/kg	315,17	3372	1198	728	839
Boro	mg/kg	-	29,3	19,7	-	10,1
Manganês	mg/kg	-	418,9	232,5	-	425
Ferro	mg/kg	-	37990	24176	-	15728

Fonte: BETTIOL e CAMARGO (2006); SABESP (2015).

Foi possível notar que faltam algumas informações extremamente relevantes em relação à caracterização do lodo da Estação de Tratamento de Várzea Paulista – SP como teores de carbono e nitrogênio; por este motivo, optou-se por realizar um levantamento da caracterização do lodo de estações de municípios da região e ou com tipo de ocupação semelhante. Nota-se pelos dados disponíveis que a umidade do lodo da ETE estudada é mais propícia à compostagem em relação às demais, assim como o valor de pH. As concentrações de metais, que não serão parte de processo também são menores.

Comparando aos dados de ETES que realizam o processo de compostagem, é possível verificar a possibilidade de investir no processo para a ETE de Várzea Paulista

4.3 Gerenciamento do lodo

Na ETE Várzea Paulista, o lodo aeróbio excedente gerado no reator de lodos ativados é transportado para uma estação elevatória e desta segue por bombeamento para ser estabilizado e digerido ao reator UASB. No reator UASB, o lodo anaeróbio em excesso mais o lodo aeróbio digerido formam o lodo misto e são removidos por gravidade via tubulações com o endereçamento final para um tanque de estocagem, localizado na unidade de desaguamento. Na unidade de tratamento, o lodo é condicionado pela adição de polímeros catiônicos e logo em seguida é bombeado para o processo de desidratação mecânica realizada por centrífugas decanters (figura 7), sua umidade é removida, gerando um resíduo sólido (lodo desidratado) extraído em caçambas estacionárias e um resíduo líquido (centrado) recirculado para o início do processo do tratamento biológico (CDV-I). Após ser gerado, o lodo desidratado é analisado corroborando com nossa hipótese de que a compostagem é adequada para produzir um produto inerte que poderá ser transportado para destino final.

Figura 7: Centrífugas de desidratação do lodo ETE Várzea Paulista



Fonte: SABESP, (2015).

4.5 Método de compostagem proposto

Com base nos estudos realizados, e nas disponibilidades discutidas durante as visitas técnicas, o método de compostagem que melhor atende as necessidades da ETE Sabesp de Várzea Paulista- SP é o de leiras estáticas aeradas, pelo seu baixo investimento inicial e simplicidade em sua operação, bastando ter um bom dimensionamento do sistema de aeração e controle dos aeradores durante o processo de compostagem.

Um dos fatores considerados para escolha do método foi a possibilidade de alternar a injeção de ar para a aspiração, propiciando o controle de odor; a sucção do ar possibilita essa vantagem pois o ar que percorre a massa do composto é captado pelas tubulações e pode passar posteriormente por um sistema de tratamento de odores. A preocupação com o odor decorre da proximidade da ETE à zona urbana do município, a remoção do odor evitaria impactos ambientais diretos sobre a população local, embora o lodo gerado seja bem estabilizado e não emita odor agressivo.

Outra vantagem do sistema selecionado é que a fase de estabilização do material em compostagem pode durar em torno 28 dias e sua fase de maturação deve durar em torno de 60 dias, o processo é mais rápido se comparado ao sistema de leiras revolvidas, em que a fase de estabilização leva de 1 a 2 meses e sua fase de maturação até 3 meses.

Foi considerado ainda que o sistema LEA ainda possibilita o controle da temperatura e da aeração durante todo o processo, garantindo a qualidade do composto e satisfazendo melhor

as demandas de oxigênio do processo de biodegradação aeróbia, removendo o excesso de umidade e calor, mantendo a temperatura em torno de 60°C.

5. CONCLUSÃO

Com base nos resultados analisados neste trabalho foi possível concluir que a Estação de Várzea Paulista – SP aplica um sistema de tratamento de esgoto bastante eficiente que permite gerar um lodo final com características propícias à compostagem como odor, pH e umidade.

Outros fatores propícios à instalação do processo de compostagem são a disponibilidade de área para acomodar a usina verificada durante as visitas técnicas e, a possibilidade de reduzir os gastos com o transporte final dos resíduos desidratados, procedimento que foi constatado ao analisar o sistema de gerenciamento do lodo.

Conclui-se, portanto, que o processo de compostagem definido neste trabalho atende às expectativas da estação de tratamento de esgoto e poderá realizar a remoção dos patógenos presentes no lodo. O baixo investimento com o sistema em função das características do lodo da ETE que não demandam um sistema mais dispendioso e, da disponibilidade de área, tornam o projeto viável segundo resultados das reuniões realizadas. A possibilidade de controle dos sistemas de aeração e temperatura, tempo de estabilização e maturação do composto e o gerenciamento do lodo ainda, permitem assegurar a maior eficácia do processo.

Finalmente, verificou-se a validade e necessidade de realizar estudos específicos para definição exata do método de compostagem a ser utilizado, pois diversos fatores podem levar à escolhas mais acertadas para cada caso e viabilizar este processo mais sustentável, contribuindo para a sociedade e meio ambiente.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREOLI, C.V; PINTO, M.A.T. *Processamento de Lodos de Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs)*. In.: Resíduos Sólidos do Saneamento: Processamento, Reciclagem e Disposição Final / Cleverson Vitório Andreoli (coordenador). Rio de Janeiro: RiMa, ABES, 2001.

ANDREOLI, C. V.; ET al. Reciclagem de Biossólidos. Transformando problemas em soluções. 2º Ed. Curitiba: Sanepar. Finep, 2001^a. V. 1.

BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. A disposição de lodo em solo agrícola In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A (Coord.). Lodo de esgoto: Impactos Ambientais na Agricultura. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução no 375, de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para o uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 30 de agosto de 2006.

DIAS, S.M.Furian; VAZ, L.M. Souza. *Métodos de monitoramento no processo aeróbico de compostagem – EEA/UEFS*, SITIENTIBUS, Feira de Santana, n.15, p.233-240, 1996.

FERNANDES, F. & SOUZA, S.G. *Estabilização de Lodo de Esgoto*.). In.: Resíduos Sólidos do Saneamento: Processamento, Reciclagem e Disposição Final / Cleverson Vitório Andreoli (coordenador). Rio de Janeiro: RiMa, ABES, 2001.

FERNANDES, F & SILVA, S. M. C. P. Manual Prático para a compostagem de biossólidos. PROSAB – programa de pesquisa em saneamento Básico. FINEP Financiamento de Estudos e Projetos. BRASIL; 2000.

INÁCIO, C; MILLER, P.R.M. Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009.

KIEHL, E. J. Manual de compostagem: Maturação e qualidade do composto. 6 ed. Edição autor. Piracicaba/SP, 2012.

LEITE, T.A. *Compostagem Termofílica De Lodo De Esgoto: Higienização E Produção De Biossólido Para Uso Agrícola*. Universidade de São Paulo. Faculdade de Saúde Pública. São Paulo, 2015. *Apud*: SAMPAIO, A. O. Adequação das estações de tratamento de esgotos sanitários à Resolução número 375 do CONAMA. In: COSCIONE, A. R.; NOGUEIRA, T. A. R.; PIRES, A. M. M. Uso agrícola de lodo de esgoto: avaliação após a Resolução no 375 do CONAMA. Botucatu: FEPAF, 2010.

MOREJON, C.F.M.; LIMA, J.F.; ROCHA, W.F.; POSSA, R.D. *Proposta de Novo Modelo de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos*. Cleaner production initiatives and challenges for a sustainable world. 3rd International Workshop – Advances in Cleaner Production. São Paulo – Brazil, 2011.

OLIVEIRA, F.N.S.; CAJAZEIRA, J.P.; HEMÍNIO, J.M. Uso da compostagem em sistemas agrícolas orgânicos. Embrapa, 2004.

PAREDES FILHO, M.V. *Compostagem de lodo de esgoto para uso agrícola*. Revista Agroambiental. Dezembro, 2011.

PEREIRA NETO, J. T. Manual de compostagem: Processo de baixo custo. Viçosa- MG: UFV, 2007.

PEREIRA NETO, J. T., 1987: “On the Treatment of Municipal Refuse and Sewage Sludge Using Aerated Static Pile Composting – A Low Cost Technology Approach”. University of Leeds, Inglaterra. p. 839-845.

PINTO, M.T Higienização de lodos. In: VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. Lodos de esgoto: tratamento e disposição final. 1º Ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e ambiental (UFMG), Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR). 2001ª (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v.6). 2001.

SABESP. Formulário de resultados operacionais. Várzea Paulista, 2015.

SANTOS, T.P *Análise do potencial de geração de energia elétrica a partir do biogás gerado no reator UASB da Estação de Tratamento de esgoto de Várzea Paulista*. Jundiaí- SP 2015.

SHAMMAS, N. K; WANG, L. K. Biosolids composting In: WANG, K. L; SHAMMAS, N. K.; HUNG, Y. (Eds). (handbook of environmental engineering, v. 6). Biosolids treatment process. Totowa, NJ: Humana press, 2007.

TORRES DE CARVALHO, P. C. Compostagem In: TSUTIYA, M.T. ET al. (Eds). Biossólidos na agricultura. 2º Ed. São Paulo: ABES/SP, 2002.

VALENTE, B.S.; E.G. XAVIER; T.B.G.A. MORSELLI; D.S. JAHNKE; B. DE S. BRUM JR.; B.R. CABRERA; P. DE O. MORAES; E D.C.N. LOPES. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. Arquivos de zootecnia vol. 58(R), p. 60. 2007.