



You are free: to copy, distribute and transmit the work; to adapt the work.
You must attribute the work in the manner specified by the author or licensor

PROPOSTAS DE TRATAMENTO PARA O LODO DE RECICLAGEM DE PAPEL EM UMA INDÚSTRIA DE PEQUENO PORTE

Ivie Emi Sakuma Kawatoko¹, Maria Cristina Rizk²

RESUMO

O lodo gerado no tratamento de efluentes de empresas que realizam a reciclagem de papel apresenta-se como uma massa fibrosa de cor acinzentada, classificado como resíduo classe IIA - não inerte. Atualmente, as empresas vêm buscando alternativas para a reutilização destes resíduos como insumos em outros processos, com o intuito de evitar ou reduzir passivos ambientais. Assim, o presente trabalho teve como objetivo a construção, operação e monitoramento de leiras de compostagem, bem como o dimensionamento de leitos de secagem, filtro prensa e centrífugas para o tratamento do lodo e sua disposição em aterro. Ao final dos estudos, pôde-se concluir que a compostagem apresentou-se como uma boa alternativa de reutilização deste material quando realizada em consórcio com resíduo de poda e capina. Tratamentos físicos que exijam menor área disponível, como filtro prensa e as centrífugas, que aceleram o desaguamento, resultando em unidades compactas e sofisticadas, sob o ponto de vista de operação e manutenção também podem ser empregadas.

Palavras-chave: lodo, papel, tratamento físico, tratamento biológico

PURPOSE OF TREATMENTS FOR THE SLUDGE PAPER RECYCLING

ABSTRACT

The sludge generated in the paper recycling industries presents characteristics of a fibrous mass of brown color, being classified as residue II A – no inert. Nowadays, the companies are looking for alternatives for reuse the sludge as inputs in other processes, with the intention to avoid or to reduce environmental liabilities. Thus, this work was the studies of the construction, operation and monitoring of a windrow composting, as well as the sizing of bed dryers, filter press and centrifuges for the sludge's treatment and its disposal in landfill. Finally, it was concluded that composting was presented as a good alternative for reuse of this material when applied in consortium with pruning and weeding wastes. Physical treatments that require less land available, such as filter presses and centrifuges, which speed up the drainage, resulting in compact and sophisticated units from the point of view of operation and maintenance, they can also be employed.

Keywords: sludge; sheet paper; physical treatment; biological treatment

Trabalho recebido em 06/07/2010 e aceito para publicação em 11/03/2011.

¹ Graduada em Engenharia Ambiental da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” Rua Roberto Simonsen, 305, Presidente Prudente, São Paulo, Brasil CEP 19060-900. e-mail: ivie_iesk@hotmail.com

² Profª Drª da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rua Roberto Simonsen, 305, Presidente Prudente, São Paulo, Brasil CEP 19060-900 mc_rizk@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

De acordo com dados da BRACELPA (2009), entre os principais produtores mundiais de celulose e papel, o Brasil é referência internacional nesse setor, por suas práticas sustentáveis.

Nesse contexto, a reciclagem consiste no aproveitamento das fibras celulósicas do papel velho e sua incorporação na fabricação de novos papéis, semelhante ao processo de obtenção de papel a partir de fibras virgens, sendo que a principal diferença está na depuração de aparas, o que representa um importante aspecto da filosofia preservacionista, resultando em benefícios tanto para as empresas quanto para a coletividade (FIALHO, 1996).

De uma maneira geral, o papel reciclado no Brasil tem como destino a produção de embalagens (68%) e a produção de papel tissue da linha higiênica (10 a 12%), que utiliza aparas claras (PERECIN, 2005).

Apesar dessa filosofia sustentável, segundo Balbinot Junior *et al.* (2006), as indústrias que fabricam papel reciclado ainda geram elevadas quantidades de resíduos, amplamente representados pelos lodos de estações de tratamento de efluentes (ETE). Assim, sua composição química será afetada pelas características

das aparas que chegam à indústria, em especial a concentração de tinta, sendo que as aparas podem ser divididas em dois grupos: apara natural (jornais, revistas, papelão) e apara branca (folhas brancas de papel).

No passado, a maioria das indústrias geradoras desse tipo de lodo, que apresenta característica de uma massa fibrosa de cor acinzentada, classificado como resíduo classe IIA – não inerte (ABNT. NBR10004, 2004), adotava os aterros como forma de disposição final. Giordano (2004) afirma que para tal fim, há necessidade de uma secagem prévia do lodo, devido à segurança ambiental para armazenamento, transporte e destinação final, bem como em relação aos custos. Desta maneira a remoção da umidade é operação fundamental para a redução da massa e do volume de lodo produzido.

Assim, em uma estação de tratamento de efluentes pode haver duas etapas de remoção da umidade: o adensamento e o desaguamento ou desidratação, já que a legislação ambiental e as empresas administradoras de aterros de resíduos perigosos não recebem lodos com água livre ou que apresentem umidade superior a 70% (GIORDANO, 2004).

Para tanto, o desaguamento pode ser realizado por meios naturais, como os leitos de secagem, que utilizam a

evaporação e a percolação como principais mecanismos de remoção da água, o que demanda tempo de exposição e grandes áreas disponíveis, apesar de serem operacionalmente mais simples e baratos. Além de processos mecanizados, tais como filtração ou centrifugação que aceleram o desaguamento, resultando em unidades compactas e sofisticadas, sob o ponto de vista de operação e manutenção (VON SPERLING, 1996).

Por outro lado, atualmente, as empresas vêm buscando alternativas de uso mais nobres para esses resíduos, como a reciclagem dentro do próprio processo, além do tratamento e/ou classificação para serem utilizados como insumos em outros processos e produtos, com o intuito de evitar ou reduzir passivos ambientais (BALBINOT JUNIOR *et al.*, 2006).

Nesse sentido, surge a compostagem, um processo biológico de transformação de resíduos orgânicos em substância húmicas. Em outras palavras, a partir da mistura de resíduos (matérias-primas), obtêm-se, no final do processo, um adubo orgânico homogêneo, sem cheiro, de cor escura, estável, solto, pronto para ser usado em qualquer cultura sem causar dano e proporcionando uma melhoria nas

propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (SOUZA *et al.*, 2001).

De forma geral, torna-se interessante o estudo de processos que reduzam o volume de resíduos a serem dispostos no ambiente, bem como o estudo de alternativas que visem o seu tratamento. Por conseguinte, o presente trabalho teve como objetivo estudar o processo de compostagem do lodo gerado em uma estação de tratamento de efluentes de uma indústria de reciclagem de papel, além de propor demais alternativas para o tratamento/disposição final desse resíduo, como leito de secagem, filtro prensa e centrífuga.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A coleta do lodo foi realizada no decantador secundário da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) de uma indústria de reciclagem de papel, cujo fluxograma pode ser visualizado na Figura 1, com a utilização de bombonas plásticas para o acondicionamento e, posterior encaminhamento ao local dos experimentos. Tal indústria classifica-se como de pequeno a médio porte, localizada em Andradina-SP.

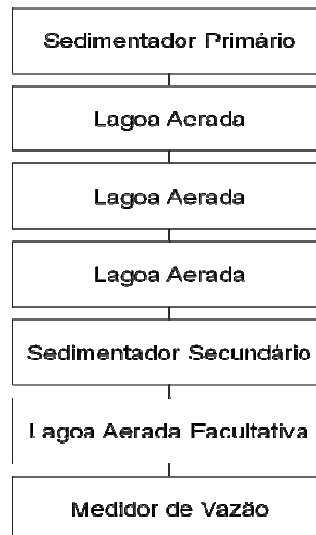


Figura 1 – Fluxograma da ETE da Indústria de Reciclagem de Papel

2.1 Compostagem

Os experimentos de compostagem foram realizados no campus da FCT/UNESP, através do método de pilhas aeradas, com revolvimento manual. O estudo foi aplicado em pequena escala, com as seguintes dimensões das leiras: 1,0m de largura x 1,0m de comprimento x 1,0m de altura.

Na ocorrência de precipitações pluviométricas, as leiras eram cobertas com lonas plásticas, a fim de se evitar a influência da umidade nestas, bem como nos períodos secos, era adicionada água, por meio de regadores, em doses suficientes para umidificar os experimentos.

Para a realização do trabalho, foram construídas duas leiras sobre lonas plásticas, com a disposição em camadas do

lodo da ETE da indústria de reciclagem de papel misturado a diferentes materiais, a fim de se ajustar alguns parâmetros operacionais do processo de compostagem, tais como umidade, teor de carbono e nitrogênio.

Nesse sentido, adicionou-se bagaço de cana (BC) à primeira leira e resíduos de poda e capina (RPC) à segunda, juntamente ao lodo da ETE. O bagaço de cana foi obtido em uma usina de açúcar e álcool e os resíduos de poda e capina coletados nas próprias dependências da FCT/UNESP.

Durante os 60 dias de experimentos, os seguintes parâmetros de compostagem foram monitorados quinzenalmente: pH, umidade, matéria orgânica, cinzas, carbono orgânico, nitrogênio Kjeldahl e relação C/N. A medição da temperatura ocorreu em quatro pontos representativos, com termômetro. Nas duas primeiras semanas,

adotaram-se medições diárias e posteriormente, a cada três dias, sendo a média dos pontos utilizada como valor final.

Para a determinação dos parâmetros estudados, empregaram-se as seguintes metodologias: pH, densidade, nitrogênio Kjeldahl; matéria orgânica total, resíduo mineral total, carbono orgânico e teor de umidade (NAIAL, 1985).

2.2 Tratamentos Físicos

Os tratamentos físicos que foram propostos para o desaguamento do lodo foram o leito de secagem, filtro prensa e centrífuga. Foram dimensionados de acordo com a vazão de lodo gerada, sua

concentração de sólidos, bem como algumas características físico-químicas requeridas para cada tratamento, baseando-se em parâmetros de projeto propostos teoricamente, além do contato com empresas fabricantes dos equipamentos previamente dimensionados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Compostagem

A Tabela 1 apresenta a caracterização do lodo gerado na estação de tratamento de efluentes de uma indústria de reciclagem de papel.

Tabela 1 - Caracterização do Lodo de Reciclagem de Papel

Parâmetros	Valores
Matéria Orgânica (%)	67,45
Umidade (%)	93,82
Resíduo Mineral Total (%)	32,55
Carbono Orgânico (%)	37,42
Nitrogênio (%)	3,19
Relação C/N	11,73
pH	6,95
Densidade (g/cm ³)	1,1014

De acordo com a caracterização físico-química do lodo bruto, verifica-se que alguns parâmetros não atingiram um valor ideal para o início do processo de compostagem, como a umidade que

deveria ser próxima a 50% e a relação C/N que deveria se situar na faixa de 20 a 30:1 (VON SPERLING, 2001). Além de que a elevada umidade do lodo (93,82%) durante o processo de compostagem possibilita

uma alta produção de chorume, dificultando a aeração do sistema, o que pode levar a anaerobiose.

Tendo em vista essa limitação de uso aliada à baixa relação C/N, foram realizados ensaios preliminares variando a porcentagem de lodo em relação aos resíduos de poda e capina e bagaço de cana, de forma que se estabelecesse uma proporção ideal para o início da compostagem. Como o objetivo do trabalho foi o tratamento do lodo de reciclagem de papel, optou-se pela composição que tratasse uma quantidade maior de lodo e fosse de mais fácil operação, dentro dos valores de relação C/N considerados ideais, estabelecidos na faixa de 26 a 31 (VON SPERLING, 2001).

Desta forma, foram construídas as seguintes leiras: leira 1 – 50% de lodo de reciclagem de papel (L) misturado a 50% de resíduo de poda e capina (RPC) e leira 2 – 50% de lodo (L) acrescido de 50% de bagaço de cana (BC).

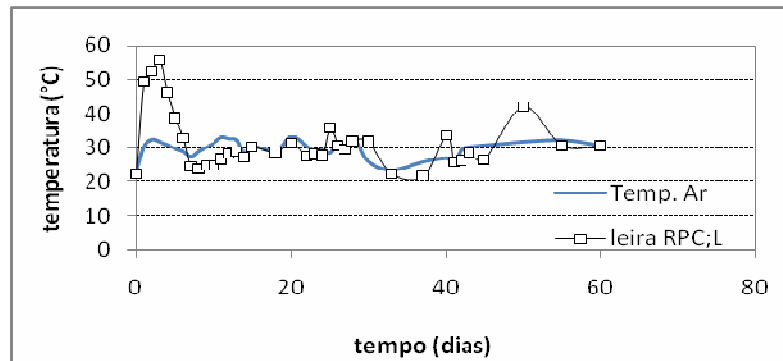
3.2 Monitoramento do processo de compostagem

A evolução da temperatura, ao longo do tempo, de cada leira pode ser verificada na Figura 2, a qual também apresenta valores respectivos da temperatura ambiente, obtidos em medições em campo.

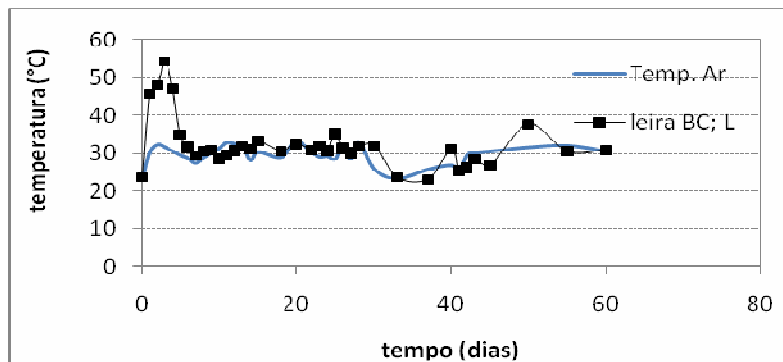
O pico máximo das temperaturas observadas foi de 55,7°C na leira 1 (50% L, 50% RPC) e 54,5°C na leira 2 (50% L, 50% BC), sendo que a partir do sétimo (7º) dia de compostagem, obtiveram-se valores de temperaturas mais estabilizados, próximos a 35°C.

A temperatura ao decorrer do tempo não se elevou em demasia, provavelmente, devido ao tamanho reduzido das leiras, uma vez que de acordo com Pereira Neto (1989), quando as pilhas têm volume pequeno, o calor criado pelo metabolismo dos microrganismos tende a se dissipar e o material tem o aquecimento reduzido.

Infere-se também que devido ao fato dos resíduos de poda e capina e do bagaço de cana possuírem estrutura de degradação mais lenta, os microrganismos responsáveis pelo processo apresentaram um baixo metabolismo, implicando em quedas nos picos de temperatura.



a) Leira 1 (50%RPC;50%L)



b) Leira 2 (50%BC;50%L)

Figura 2 – Evolução da temperatura ao longo do tempo

Apesar das temperaturas não terem sido tão elevadas, acredita-se que as mesmas seriam suficientes para eliminar a grande maioria dos microrganismos patogênicos, que normalmente são poucos

resistentes a temperaturas em torno de 50 e 60 °C. (Jardim *et al.*, 1995).

Os resultados obtidos no monitoramento da umidade podem ser observados na Figura 3.

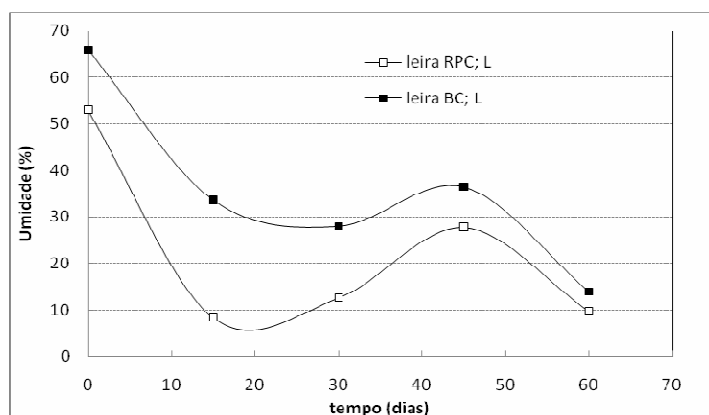


Figura 3 – Evolução da umidade ao longo do tempo

Houve uma queda brusca na umidade das leiras ao longo do tempo, fato notado principalmente na leira 1 (50% L, 50% RPC), em que os valores foram de 53,1% para 9,77%. Enquanto que na leira 2, os valores variaram de 65,91% para 13,93%. Devido a constatação desses teores de umidade, houve necessidade de ajustes, por meio da adição de água.

Em razão das leiras perderem umidade constantemente, não houve formação de chorume ao longo do processo, o que se torna uma vantagem significativa na compostagem desses resíduos. Kiehl (2002) afirma ainda que leiras de tamanho reduzido estão mais sujeitas a perda de umidade,

comportamento semelhante ao verificado no presente trabalho.

Concomitantemente, a temperatura ambiente atua na perda de água por evaporação, influenciando assim na umidade. Tal fato pode ser confirmado pela grande variabilidade nos dados, ocasionada pela instabilidade climática e precipitações durante o processo de compostagem, já que os picos de umidade se situaram nos períodos chuvosos.

A Figura 4 apresenta os resultados obtidos no monitoramento do pH das leiras de compostagem ao longo do tempo.

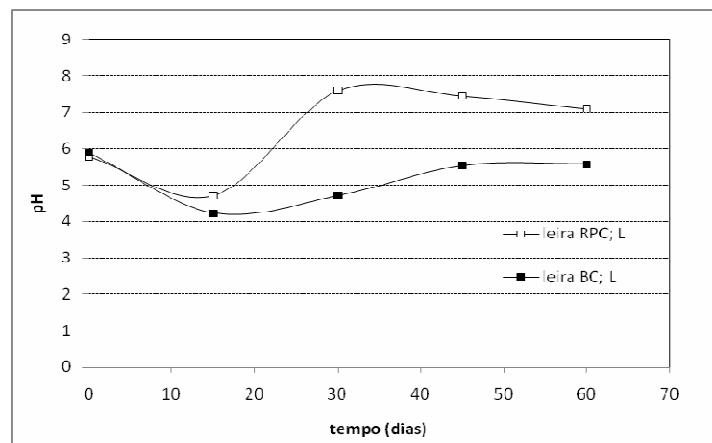


Figura 4 – Evolução do pH ao longo do tempo.

Ao se observar os valores de pH medidos, constata-se que as análises apresentaram variações, sendo estas mais acentuadas na leira 1 (50% lodo e 50% de resíduos de poda e capina).

Von Sperling (2001) afirma que no início do processo de compostagem desenvolvem-se microrganismos que apresentam uma fermentação ácida e o pH torna-se mais baixo, o que é favorável à

relação de amônia. Na fase seguinte, os ácidos são consumidos por outros agentes biológicos, elevando o pH. O composto orgânico deve ter um pH de, no mínimo 6,0. Geralmente, o composto curado humificado apresenta valores entre 7,0 e 8,0.

A afirmação descrita acima é comprovada pelo monitoramento de ambas as leiras, no entanto apenas a leira 1 apresentou valores de pH compatíveis com os de composto curado humificado, enquanto a leira 2 não apresentou o pH mínimo para composto orgânico.

A Figura 5 apresenta os resultados obtidos no monitoramento da relação C/N das leiras de compostagem ao longo do tempo.

Tanto na leira 1 (50%L; 50%RPC) como na leira 2 (50%L; 50%RPC), houve pouca redução no teor de carbono orgânico. Acredita-se que este fato possa estar ligado à reduzida velocidade de compostagem pela presença de resíduos com alto teor de celulose, no caso o lodo de reciclagem de papel, bem como aos elevados valores de lignina e celulose encontrados nos resíduos de poda e capina e bagaço de cana. Por outro lado, ao longo do processo, ocorreu um aumento do teor de nitrogênio, já que parte do carbono foi transformada em gás carbônico (CO_2) e parte foi usada para crescimento microbiano, o que gera menor perda de nitrogênio, que fica retido no material, na forma orgânica e inorgânica.

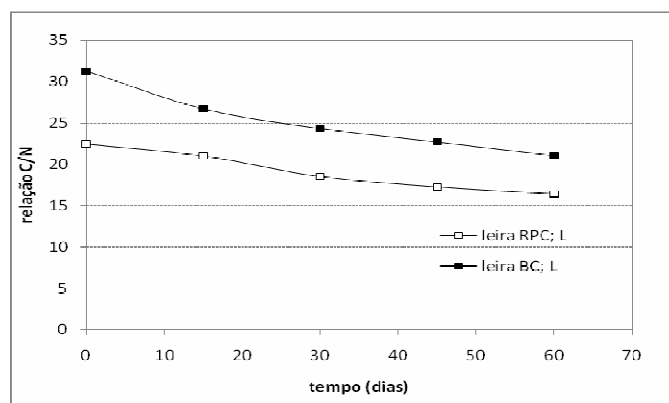


Figura 5 – Evolução da relação C/N ao longo do tempo

Desta forma, pode-se verificar que houve uma redução da relação C/N em ambas as leiras ao longo do tempo, sendo que a leira 1 (resíduos de poda e capina e

lodo) apresentou os melhores resultados, na qual a relação C/N foi reduzida para teores finais de 16,4.

De acordo com Jardim *et al.* (1995), pode-se avaliar o grau de maturidade do produto, através de determinações de carbono total (C) e oxidável, nitrogênio total (N) e amoniacal, e cálculo da relação C/N, que quando inferior a 18/1 indica que o composto está semicurado e inferior a 12/1, curado. Desta forma, pode-se concluir que a leira 1 foi capaz de produzir um composto orgânico semicurado.

Já na leira 2, a relação C/N alcançou redução de 32,55% com um teor final de C/N de 21,07. Assim, pode-se afirmar que mesmo não atingido as recomendações para aplicação na agricultura como composto orgânico, houve uma boa eficiência do processo em termos de redução de carbono.

A Figura 6 apresenta os resultados do monitoramento da matéria orgânica ao longo do tempo. Pode-se verificar que a matéria orgânica se reduziu ao longo do tempo em ambas as leiras. A matéria orgânica é um parâmetro inversamente proporcional ao parâmetro resíduo mineral, assim, quanto maior a porcentagem de matéria orgânica, menor a de cinzas e vice-versa. À medida que a matéria orgânica se decompõe, ocorre a liberação de minerais, como fósforo, cálcio, magnésio, enxofre, entre outros, que se concentram nas cinzas, tornando-se disponíveis para o meio (RIZK, 2009).

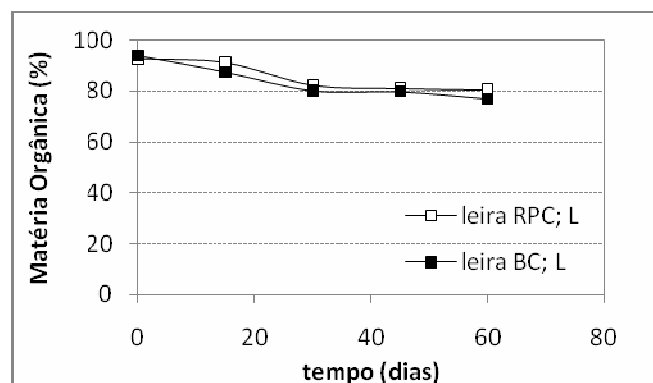


Figura 6 – Evolução da matéria orgânica ao longo do tempo.

Silva *et al.* (2002) apresentaram valores que classificam a matéria orgânica do composto de lixo da seguinte maneira: ótimo (maior que 60%); bom (50 – 60%); baixo (menor que 50%). Assim, os valores

de matéria orgânica encontrados no composto orgânico final se classificam como ótimo, pois para a leira 1 os valores foram de 80,6% e para a leira 2 de 76,9.

Em relação ao teor de cinzas (Figura 7), Silva *et al.* (2002) classificaram os valores como sendo: ótimo (menor que 20%); bom (20 – 40%); indesejável (maior

que 40%). Desta forma, os teores de cinza obtidos no composto final foram ótimos na leira 1 (19,4%) e bons na leira 2 (22,6%).

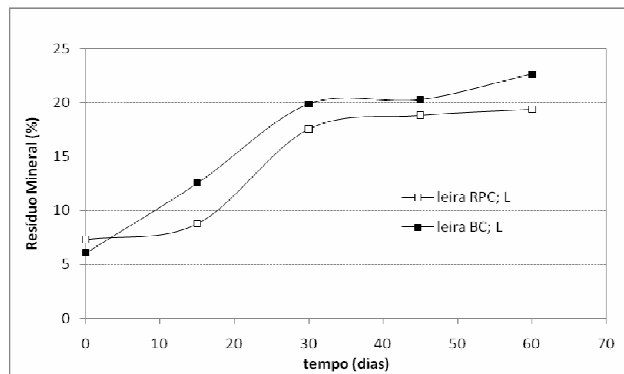


Figura 7- Evolução do resíduo mineral ao longo do tempo

A Tabela 2 apresenta o rendimento dos compostos gerados, bem como a redução de massa de resíduos.

Tabela 2 – Rendimento e redução de massa de resíduos

Ensaio	Massa Inicial (Kg)	Massa Final (Kg)	Rendimento (%)	Redução de resíduos (%)
L1 – 50% RPC; 50% L	100	23	23	77
L2 – 50% BC; 50% L	100	46,5	46,5	53,5

L = lodo; BC = bagaço de cana; RPC = resíduo de poda e capina

Verifica-se que ambas as leiras apresentaram uma significativa redução de massa, da ordem de 77% e 53,5% para as leiras 1 e 2, respectivamente. Caso não haja o interesse de reaproveitar o composto orgânico para a comercialização, sua disposição final em aterros também se torna viável, tendo em vista a significativa

redução de massa devido ao processo de compostagem.

Na Tabela 3 encontram-se as características finais dos compostos gerados durante o presente trabalho, bem como os valores estabelecidos pela Instrução Normativa nº 25 de 23/07/2009 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, que determina as

especificações técnicas para comercialização de fertilizantes orgânicos. De acordo com tal classificação da Instrução Normativa, definiu-se o

composto gerado em ambas as leiras como sendo pertencentes à Classe B, cuja produção utiliza matéria-prima oriunda do processamento de atividade industrial.

Tabela 3 – Caracterização do composto orgânico gerado

Composto orgânico	PARÂMETRO				
	Umidade (%)	N total (%)	Carbono Orgânico (%)	pH	C/N
L1 – 50% RPC; 50% L	9,77	2,73	44,77	7,57	16,4
L2 – 50% BC; 50% L	13,93	2,03	42,77	5,58	21,07
Composto orgânico Classe B	50(máx.)	0,5 (mín.)	15(mín)	6,0 (mín.)	20 (máx.)

(*) Valores estabelecidos pela Instrução Normativa nº 25 de 23/07/2009

L = lodo; BC = bagaço de cana; RPC = resíduo de poda e capina

Observando-se os valores apresentados pode-se concluir que ambos os compostos gerados estão dentro dos limites estabelecidos em relação à porcentagem de umidade, carbono orgânico e nitrogênio.

O composto gerado na leira 1 poderia ser empregado na agricultura, no caso de comercialização, sem sofrer ajustes. Todavia, é importante salientar que o lodo gerado na indústria de reciclagem de papel pode apresentar certa quantidade de metais. Desta forma, mesmo não existindo parâmetros pré-estabelecidos referentes às concentrações de metais a serem aplicadas, mais investigações deveriam ser efetuadas nesse sentido.

O composto gerado na leira 2 não pode ser comercializado como fertilizante orgânico, visto que o pH se encontrou abaixo do mínimo exigido pela Instrução Normativa, bem como a relação C/N não foi atingida.

3.4 Tratamentos Físicos

A vazão de lodo gerado na indústria de reciclagem de papel é em torno de 1,108m³/h, ou 2136 kg de sólidos totais (ST)/d, o que contempla 89 kg ST/h de massa seca, sendo a concentração de sólidos no lodo de 8%. Para tanto foram dimensionados três tratamentos: leito de secagem, filtro prensa e centrífugas.

3.4.1 Leito de Secagem

Quando existe disponibilidade de área para a implantação, os leitos de secagem representam uma interessante alternativa para o desaguamento do lodo. Além de exigir um baixo investimento em relação à qualificação da mão-de-obra, custos com energia e produtos químicos, também gera uma torta com alto teor de sólidos.

Para tais valores de vazão de lodo, de acordo com metodologia de cálculo

proposta por Von Sperling (2001), foram dimensionados 3 leitos de secagem com ciclos de 20 dias, cujas dimensões são: 22 m de largura, 44 m de comprimento e 1,05m de altura. Além disso, optou-se pela inclinação do fundo de 1° no sentido do coletor principal de escoamento do líquido filtrado, considerando profundidade de 0,25 m e largura de 1,5 m, caso haja necessidade de manutenção no coletor (Figura 8).

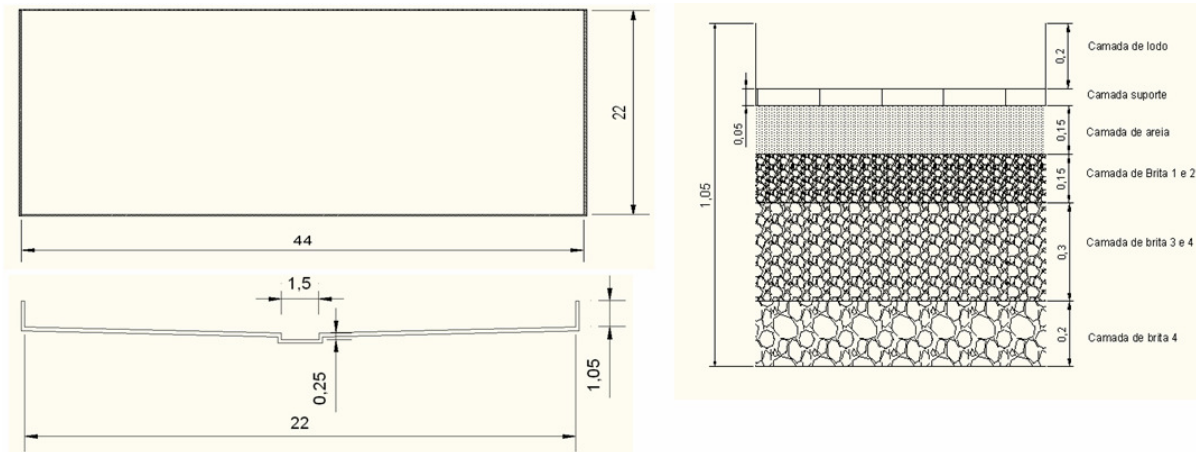


Figura 8– Dimensionamento do leito de secagem

Jordão (1996) afirma que o lodo, em condições normais de secagem, atinge uma redução de umidade em torno de 60%. Tendo em vista tais considerações e adotando uma porcentagem de redução de umidade de 60%, a geração de lodo, pós desaguamento em leito de secagem, será de aproximadamente 10,64 m³/dia, enquanto a vazão de efluente misturado ao lodo drenado será de 15,95 m³/dia. Desta

maneira, tal efluente poderá ser reintroduzido na terceira lagoa aerada da ETE para passar novamente por tratamento, enquanto o lodo poderá ser encaminhado para a disposição final.

3.4.2 Filtro Prensa

Quando não há disponibilidade de área, os filtros prensa passam a ser uma boa alternativa para o desaguamento do

lodo. Além de ser de operação simples, é eficiente e apresenta reduzida necessidade de mão de obra e de manutenção. É um aparelho de grande durabilidade e responsável por uma obtenção de torta com alta concentração de sólidos.

Para tais valores de vazão de lodo, de acordo com metodologia de cálculo proposta por Von Sperling (2001), foi

dimensionado um filtro prensa de 100 placas (800x800mm), considerando uma vazão de 555 tortas/dia, com 5,6 ciclos de prensagem. Assim, de acordo com os dados calculados e os catálogos de fabricantes, as dimensões do filtro prensa serão: 6,85m de comprimento; 1,3m de largura e 1,45m de altura (Figura 9).

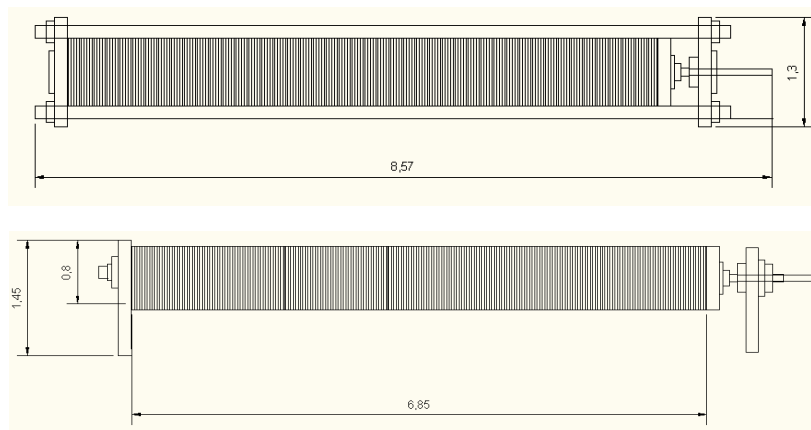


Figura 9 – Dimensionamento do filtro prensa

Assim, considerando uma concentração de sólidos na torta de aproximadamente 40% (VON SPERLING, 2001), sua geração no filtro prensa será de 10,64 m³/dia e a vazão de efluente misturado ao lodo que não se incorporou à torta será de 15,95 m³/dia. Não obstante, tal efluente pode ser reintroduzido na terceira lagoa aerada da ETE para passar novamente pelo tratamento, enquanto a torta gerada pode ser encaminhada à destinação final.

3.4.3 Centrífuga

Consiste no processo de separação sólido-líquido a partir da força centrífuga, da ordem de 500 a 3000 vezes superior à força da gravidade. Dentre suas vantagens, pode-se citar a facilidade de instalação, a possibilidade de ser utilizada tanto para o adensamento quanto para o desaguamento do lodo, bem como a ocupação de uma área reduzida.

Sob consulta do catálogo de fabricante (Pieralise, 2009), a centrífuga foi selecionada com base na vazão afluente

de lodo, sendo sua capacidade de 6m³/h. Desta forma, o modelo escolhido foi o FP 600/M que apresenta: 2,25m de

comprimento; 1,06m de largura e 1,4m de altura (Figura 10).

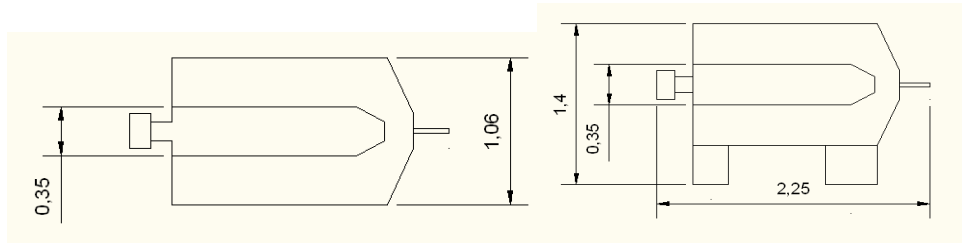


Figura 10 – Dimensionamento da centrífuga

De acordo com Santos (2002), o teor de sólidos no método de centrífugas está na faixa de 15–35%. Desta forma, ao se considerar um teor de 30%, a vazão do lodo gerado na centrífuga será de 7,98 m³/dia, sendo que a vazão de efluente misturado ao lodo que não se incorporou à torta (pós-desaguamento) será de aproximadamente 18,61 m³/dia. Tal efluente pode ser reintroduzido na terceira lagoa aerada da ETE para passar novamente pelo tratamento, enquanto a torta gerada pode ser encaminhada à destinação final.

4. CONCLUSÃO

Após a realização do presente estudo, pode-se concluir que o tratamento biológico gerou ao final do processo de compostagem do lodo e resíduos de poda e capina, um composto orgânico passível de ser utilizado como fertilizante orgânico,

visto que atendeu aos valores estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, instituído pela Instrução Normativa nº 25 de 23/07/2009. No entanto, o composto gerado pelo lodo acrescido de bagaço de cana não atingiu os resultados esperados, tendo em vista que o pH se encontrou abaixo do mínimo exigido pela Instrução Normativa, bem como a relação C/N não foi atingida.

Além disso, é importante salientar que o lodo gerado na indústria de reciclagem de papel pode apresentar certa quantidade de metais. Desta forma, mesmo não existindo parâmetros pré-estabelecidos referentes às concentrações de metais a serem aplicadas, mais investigações deveriam ser efetuadas nesse sentido.

Paralelamente, pode-se concluir que o presente trabalho apresentou alternativas ambientalmente corretas para a destinação final do lodo da ETE, desde o

dimensionamento de tratamentos físicos mais sofisticados, que exigem um maior investimento e mão-de-obra qualificada, como no caso dos filtros prensa e centrífugas, até aqueles mais simples, como os leitos de secagem, que em contrapartida exigem uma grande área disponível. Tais tratamentos podem ser utilizados tanto para o desaguamento do lodo e posterior disposição final em aterro industrial, quanto em um sistema vinculado de desaguamento e estabilização do lodo, visando seu uso benéfico.

Caso a empresa de pequeno a médio porte opte como pela disposição final do lodo em aterro, torna-se interessante direcionar o tratamento para aquelas técnicas que promovam o desaguamento deste, de forma a exigir menor área disponível. Nesse contexto, como melhor alternativa surge a centrífuga, cujas vantagens superam às do filtro prensa, uma vez que os filtros exigem mão-de-obra qualificada para sua operação e necessitam de substituição regular das placas.

5. REFERÊNCIAS

- ALFA LAVAL LTDA .**Separadoras Centrífugas**. 2003. Disponível em: <http://www.alfalaval.com.br>. Acesso em 02 de novembro de 2009.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Projeto de estação de tratamento de**

esgotos, NB 570, 1989.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMA TÉCNICAS. Resíduos sólidos – Classificação. NBR 10004, 2004.
- _____. Amostragem de resíduos sólidos. NBR 10.007, 2004.
- _____. Resíduos de Serviço de Saúde. NBR 12.808, 1993.
- _____. Resíduos de Serviço de Saúde – procedimentos na coleta NBR 12.810, 1993.
- BALBINOT JUNIOR, A. A.; TORRES, A. N. L.; FONSECA, J. A. da.; TEIXEIRA, J. R.; NESI, C. N. Alteração em características químicas de um solo ácido pela aplicação de calcário e resíduos de reciclagem de papel. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.5, n.1, p. 16-25, 2006.
- BRACELPA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL . **Papéis para fins sanitários**. São Paulo, BRACELPA, 2009. Disponível em: http://www.bracelpa.org.br/bra/estatisticas/pdf/anual/papel_04.pdf>. Acesso em: 14 de julho de 2009.
- BRANDÃO, S. L., LIMA, S. C. “pH e condutividade elétrica em solução do solo, em áreas de *pinus* e cerrado na chapada, em Uberlândia (MG)”, **Caminhos de Geografia**, v. 3, n. 6, 2006.
- BRITO, M. J. C. **Processo de compostagem de resíduos urbanos em pequena escala e potencial de utilização do composto como substrato**, Dissertação de M. Sc., UNIT, Aracajú, SE, Brasil, 2008.
- FIALHO, M.L. “**O Papel Reciclado**” **uma análise de aspectos sociais e ambientais**. Florianópolis, 1996. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Pós-Graduação em

- Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <http://www.eps.ufsc.br/disserta96/mirian/index/index.htm>. Acesso em: 05 jun. 2009.
- GIORDANO, G. Tratamento e controle de efluentes industriais. 2004. Disponível em: http://www.ufmt.br/esa/Modulo_II_Efluentes_Industriais/Apost_EI_2004_1ABES_Mato_Grosso_UFMT2.pdf. Acesso em 18 de outubro de 2009.
- JARDIM, N. Z. *et al.* IPT/CEMPRE. **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado**. São Paulo: IPT, 1995.
- JORDÃO, E. P. , PESSOA, E. C., **Tratamento de esgotos domésticos**, 3. ed., Rio de Janeiro: ABES, 1996.
- KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem: Maturação e qualidade do composto**. Piracicaba: 3ª edição, 2002.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Sistema de legislação agrícola Federal**. 2009. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=20542>. Acesso em 20 de setembro de 2009.
- NAIAL – NORMAS ANALÍTICAS DO INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Químicos e Físicos para Análises de Alimentos**. São Paulo: 3ª edição, Editoração Débora D. Estrella Rebocho, 1985.
- PERECIN, L. Reciclar È Preciso. **O Papel**, São Paulo, v. 66, n° 10, p. 56-64, out. 2005.
- SILVA, F. C., BERTON, R. S., CHITOLINA, J. C., *et al.* “Recomendações Técnicas para o Uso Agrícola do Composto de Lixo Urbano no Estado de São Paulo”, **Embrapa – Circular Técnica 3**, pp. 1-17, 2002.
- PEREIRA, J. A. **Geração de resíduos industriais e controle ambiental**. Universidade Federal do Pará. Belém, 2002. Disponível em: http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivo/sti/publicacoes/futAmaD.dades/rev20011213_01.pdf.> Acesso em: 25 de junho 2009.
- PIERALISE, 2009. Catálogo de Centrífugas. Disponível em: www.pieralise.com. Acesso em 26 de agosto de 2009.
- RIZK, M. C. **Tratamento de resíduos frutihortícolas**. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Maringá, Paraná, Brasil, 2009.
- SANTOS, F.F.S., 2002. **Análise de alternativas tecnológicas para a desidratação dos resíduos sólidos gerados em estações de tratamento de água**. Disponível em: <http://www.prp.unicamp.br/pibic/congressos/xvcongresso/paineis/032863.pdf>. Acesso em 05 de novembro de 2009.
- SOUZA, F.A., AQUINO, A.M. , RICCI, M.S.F. , FEIDEN, A. . **Compostagem**. EMBRAPA, 2001. Disponível em: <http://www.pronaf.gov.br/dater/arquivos/2014419928.pdf>. Acesso em 25 de agosto de 2009.
- TECITEC, 2009. **Catálogo de produtos Tecitec**. Disponível em: http://www.tecitec.com.br/c_catalogo.pdf. Acesso em 09 de setembro de 2009.
- VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Vol. 1. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 1996.
- VON SPERLING, M. **Lodo de esgotos**. Belo Horizonte: DESA-UFMG. 2001.