



## **ENSAIOS DE VERMICOMPOSTAGEM NO LODO PRIMÁRIO DA BAHIA SUL CELULOSE - PROJETO PILOTO**

### ***A PILOT STUDY WITH VERMICOMPOSTING IN THE PRIMARY SLUDGE - THE BAHIA SUL CASE***

---

Luiz J. C. Quaglia  
Permínio M. B. Filho  
Ricardo de Aguiar Quadros

BAHIA SUL CELULOSE S.A.

Português / Portuguese



# ENSAIOS DE VERMI-COMPOSTAGEM NO LODO PRIMÁRIO DA BAHIA SUL CELULOSE – PROJETO PILOTO

**Luiz J. C. Quaglia**  
**Permínio M. B. Filho**  
**Ricardo de Aguiar Quadros**

Bahia Sul Celulose – Brasil

## Resumo

Foi investigada a utilização de vermes anelídeos “minhocas” da espécie *Eudrilus eugeniae*, (*African nightcrawler*, a gigante africana) na compostagem do lodo primário da ETE e de cascas de eucalipto da Bahia Sul Celulose. O cuidado ambiental do setor deve-se manifestar através do desenvolvimento de novos processos produtivos que gerem uma porção menor de rejeitos e também na adoção de tratamentos após a fabricação do produto final. Uma das alternativas disponíveis para a minimização do impacto ambiental da geração de resíduos sólidos no ambiente é a aplicação da vermicompostagem. Em março de 1997 foi iniciado em escala piloto um ensaio de campo, com a construção de leiras de compostagem, utilizando como substrato principal o lodo primário e minhocas da espécie “gigante africana”. Após oito meses de estudos, a relação C/N foi altamente favorecida com a vermicompostagem, alcançando o índice de 11/1 e o húmus enriquecido com nitrogênio e fósforo. Em geral, os resultados obtidos indicaram que, o lodo primário poderá ser um excelente material de substrato para sistemas de vermicompostagem em escala industrial. O composto orgânico estabilizado (húmus) poderá ser um sub-produto para os agricultores ou mesmo aplicado pela própria BSC nas atividades silviculturais (produção de mudas, recuperação do solo, enriquecimento orgânico, etc.), de jardinagem e paisagismo.

Palavras chaves: vermicompostagem, lodo primário, reciclagem, resíduos sólidos.

## Abstract

We studied vermicomposting with the use of annelid worms "earthworms" of the *Eudrilus eugeniae* species, (*African nightcrawler*, the African giant) of sludges from primary treatment mixed with barks of eucalyptus in a 8-month, pilot-scale experiment. The environmental care of the sector must be revealed through the development of new productive processes that also generate a lesser amount of waste with the adoption of ecological handling after the industrial manufacture. One of the available alternatives for the solid waste environmental impact minimization is the application of the vermicomposting. In March of 1997 a field assay was initiated in pilot-scale, with the use of primary sludge from dewatering primary treatment, eucalyptus barks and earthworms of the Africa giant species. After eight months of studies, a good C/N ratio was increased with the application of vermicomposting, reaching the 11/1 index, and the composting product enriched with nitrogen and phosphorus. In general, the results obtained had indicated that, the primary sludge after vermicomposting process could be potentially useful in farms activities or even used by Bahia Sul in its own forests areas and landscape improvements projects.

Key words: vermicomposting, primary sludge, recycle, solid waste.

## 1. Introdução

Este trabalho apresenta uma síntese do projeto “Vermicompostagem de Resíduos Sólidos Industriais”, desenvolvido pela Bahia Sul Celulose, que teve como principal objetivo a utilização de vermes anelídeos “minhocas” na compostagem do lodo primário da ETE e de cascas de eucalipto. Em março de 1997 foi iniciado em escala piloto um ensaio de campo, com a construção de leiras de

compostagem, utilizando como substrato principal o lodo primário e minhocas da espécie "gigante africana". Os resultados obtidos indicaram que, em escala industrial, o composto orgânico estabilizado (húmus) poderá ser um sub-produto para os agricultores regionais (principalmente para fruticultura) ou mesmo aplicado pela própria BSC nas atividades silviculturais (produção de mudas, recuperação do solo, enriquecimento orgânico, etc.), de jardinagem e paisagismo.

Todas as atividades vitais geram resíduos. A própria vida humana sobre a Terra gera resíduos. As atividades industriais, por sua vez, são potencialmente geradoras de grande quantidade de resíduos, principalmente quando os processos produtivos exigem uma variedade de matérias primas de forma intensiva. Um dos grandes desafios atuais do setor de papel e celulose é encontrar soluções de como dispor adequadamente no meio ambiente os seus resíduos sólidos.

O cuidado ambiental do setor deve-se manifestar através do desenvolvimento de novos processos produtivos que gerem uma porção menor de rejeitos e também na adoção de tratamentos após a fabricação do produto final. Uma das alternativas disponíveis para a minimização do impacto ambiental da geração de resíduos sólidos no ambiente é a aplicação da vermi-compostagem.

A vermi-compostagem é uma tecnologia na qual se utilizam "minhocas" para digerir a matéria orgânica, e, conseqüentemente, acelerar a sua degradação. As minhocas são vermes anelídeos, originando o nome do processo em inglês de *vermicomposting*, resultando em português o neologismo "vermi-compostagem". As minhocas são classificadas como oligoquetos terrestres (do grego *oligo*=pouco; *queto*=cerdas, pêlos) e as que apresentam interesse para a decomposição da matéria orgânica. Podem ser agrupadas pela sua coloração: vermelha e cinzenta. Em todo o mundo são criadas apenas três espécies de minhocas: a *Eisenia foetida* (vermelha da Califórnia ou minhoca dos montes de esterco); a *Lumbricus rubellus*, ou minhoca dos resíduos orgânicos, sendo ambas de origem européia e a *Eudrilus eugeniae*, (a *African nightcrawler*, a gigante africana) de introdução mais recente, que vem se constituindo na "vedete" das minhocas entre criadores e pescadores. O interesse comercial por essas espécies se deve ao fato de que elas podem viver em altas concentrações de resíduos orgânicos, apresentando certa insensibilidade à mudanças ambientais e, também, apresentam uma altíssima taxa de multiplicação<sup>[1,2]</sup>.

A compostagem é um processo biológico de decomposição da matéria orgânica contida em restos de animais e vegetais, que tem como resultado final um produto que pode ser aplicado ao solo para melhorar suas características, sem ocasionar riscos ao meio ambiente. Ocorre através da ação de agentes biológicos como bactérias, fungos, actinomicetos, protozoários, algas, além de vermes e artrópodos. Como resultado dessa intensa digestão da matéria orgânica por esses organismos, haverá liberação de elementos químicos, como nitrogênio, fósforo, potássio cálcio e magnésio, passando da forma imobilizada (forma orgânica) para a forma de nutrientes minerais (mineralizada) disponível para as plantas<sup>[1]</sup>.

As minhocas pertencem ao filo Anélida (*Phylum Annelida*), compreendendo os animais que se caracterizam por apresentarem os seus corpos segmentados, interna e externamente. Esses segmentos (somitos), que, conforme a espécie, variam muito, assemelham-se a pequenos anéis, daí o nome genérico de "anelídeos"<sup>[2]</sup>.

Os anelídeos se movimentam através de pequenos pêlos existentes em cada anel, que servem de apoio para as ondas de contração que percorrem a musculatura parietal (movimento peristáltico) ou através de ventosas, como nas sanguessugas. São parcialmente dotadas de órgãos dos sentidos. Não ouvem, possuem olfato muito fraco e não têm olhos, mas reagem à luz intensa, dela fugindo. Uma hora de exposição ao sol forte causa paralisia parcial ou completa, podendo ser fatal. O sentido do tato é o que se apresenta bem desenvolvido<sup>[2]</sup>.

Na pele do dorso das minhocas existem orifícios ou poros pelos quais elas podem exudar um líquido quando estimuladas ou quando encontra terra seca. Esse muco viscoso é útil à minhoca para garantir a estabilização das paredes dos canais que abre no solo. As minhocas não se desenvolvem bem em clima árido, onde a precipitação pluviométrica é inferior a 370 mm/ano. São hermafroditas ou monóicos, pois possuem os dois aparelhos reprodutores, feminino e masculino em um mesmo indivíduo. Entretanto, as minhocas não se auto-fecundam. Para haver a fecundação é necessário que dois indivíduos se justaponham, realizando uma cópula recíproca, permutando o sêmen. As minhocas põem ovos em forma de casulos, sendo que os ovos eclodem dentro de 20 a 30 dias, liberando até 20 indivíduos por casulo. Após um mês de vida, as minhocas entram na fase da maturidade, podendo já se reproduzir, apesar do que o estado adulto só será alcançado aos 180 dias. O tempo de vida

médio de uma minhoca, a depender da espécie, é cerca de dois anos <sup>[2]</sup>.

As minhocas agem cavando galerias no solo ou no composto, afastando e consolidando as paredes do canal, ou então, engolindo partículas e moendo-as no tubo digestivo, pelo efeito das contrações. Havendo terra junto com a matéria orgânica, os grãos de areia terão função abrasiva, ajudando a triturar o alimento. As minhocas são omnívoras, alimentando-se de restos vegetais, de animais, folhas, sépalas, ramos, bichinhos, conchinhas de moluscos terrestres, pedacinhos de ossos e até mesmos outras minhocas menores, pois são animais canibais. O material que realmente predomina na dieta dos oligoquetos é a matéria orgânica vegetal disposta no solo superficial das matas e florestas, mais conhecida como serapilheira ou "litter"<sup>[1,2]</sup>.

Esses vermes ingerem e digerem os resíduos orgânicos dejetando excrementos com forma especial, constituídos de agregados de terra e matéria orgânica digerida, os quais recebem o nome de "coprólitos" (casting, em inglês). Os coprólitos contêm nutrientes essenciais às plantas do que o solo onde se encontram. Isto porque o coprólito está agora misturado com matéria orgânica e mais as secreções intestinais e urinárias. O material excretado encontra-se num estado mais avançado de decomposição, sendo de assimilação mais fácil pelas raízes das plantas<sup>[1]</sup>. O pH dos coprólitos tendem a ser mais neutros do que a dos solos originais, mesmo quando estes são ácidos ou alcalinos. Quando o húmus de minhoca granulado é misturado ao solo existe uma liberação lenta dos nutrientes para plantas. Contudo, as partículas duras do muco não são "quebradas" facilmente, favorecendo assim uma aeração e drenagem adequada do solo. Os coprólitos, comparado ao solo, possuem:

- cinco vezes mais nitrato
- sete vezes mais fósforo
- três vezes mais magnésio
- onze vezes mais potássio
- uma vez e meia de cálcio

A ação das minhocas no composto é mais mecânica que biológica. O revolvimento e a aeração do composto, bem como o trituração dos resíduos orgânicos que passam pelo trato digestivo dos oligoquetos é um processo puramente mecânico <sup>[1]</sup>. O efeito bioquímico está na degradação do composto pelos microrganismos existentes nos intestinos das minhocas, de onde os resíduos saem mais ricos em nutrientes e mais assimiláveis pelas plantas.

Estima-se que exista em todo o mundo cerca de 1800 espécies de minhocas, ou mais de 3000 incluindo as desconhecidas. Na sua maioria, elas estão restritas aos seus "habitats" naturais, que vão desde as frias regiões do planeta até aquelas vizinhas às areias escaldantes dos desertos. Devido a essas barreiras naturais, poucas espécies são comuns em outras partes do mundo. A sua dispersão deve-se mais pela ação do homem, pelo seu costume de transportar mudas de plantas de um lugar para o outro. Contudo, a família mais importante em termos de prosperidade humana é, sem dúvida, a Lumbricidae, por ser a mais evoluída <sup>[2]</sup>.

As mais comuns e versáteis espécies lumbrídes peregrinas têm se espalhado por muitas áreas, especialmente nas regiões que foram colonizadas pelos europeus. Em muitas regiões habitadas pelo homem, as espécies européias têm se tornado dominantes e quase que eliminaram as espécies locais (endêmicas). Uma dessas espécies peregrinas, mas da família Eudrilidae é a *Eudrilus eugeniae*, objeto do nosso estudo<sup>[2]</sup>.

A *Eudrilus eugeniae* (Kinberg, 1867), é nativa da África Ocidental, onde ela é muito comum em solos da Nigéria e países vizinhos. É também conhecida como lombrico africano, lombrico gigante, rosso gigante, rosso africano, na Itália; African nightcrawler, giant tropical worm, missouri giant, giant red worm, african red worm, blue worm, giant river worm, etc, nos EUA <sup>[2]</sup>.

Atinge um comprimento médio de 20-22 cm, ou ainda até 37 cm e peso de 6,5 g, aos 130 dias de vida. De coloração vermelha tendendo para o marron, ela apresenta variações de cores com tonalidades furtacores. Ao nascerem, as minhoquinhas possuem 80 segmentos (anéis) que são aumentados 3,5 vezes pela adição de novos anéis na sua parte posterior, mantendo-se assim constantes quando adultas<sup>[2]</sup>.

Apesar da *E. eugeniae* não ter um período de crescimento extenso e um ciclo de vida longo como a *Eisenia foetida* (Família Lumbricidae, a mais comum e conhecida em termos mundiais), a sua rápida taxa de crescimento logo no início do seu ciclo de vida lhe dá clara vantagem sobre as demais espécies utilizadas na vermicultura, como uma potencial produtora de proteína (biomassa),

principalmente para países de clima tropical e também para a vermi-compostagem [1,2].

## 2. Experimental

### 2.1 Construção das Leiras

Em 25 de março de 1997 foi iniciada a construção de duas pequenas leiras de compostagem, utilizando basicamente o lodo primário da ETE e cascas de eucalipto, esta em menor proporção. Em cada uma das leiras foram adicionados 10 litros de minhocas adultas da espécie "gigante africana". Cada litro de minhocas adultas dessa espécie resulta um número aproximado de 250 a 300 indivíduos. Em maio/97 foi construído uma nova leira de compostagem, igualmente 10 litros de minhocas. Desse modo, para efeito de cálculo do total de indivíduos que dispomos nessa fase piloto, foi considerada uma população inicial de 30 litros de minhocas.

Inicialmente, o objetivo básico desse ensaio no campo era verificar o comportamento das espécimes no ambiente de céu aberto, já que no laboratório mostraram-se bastante eficazes no processo de compostagem. O local escolhido nessa fase foi uma área próxima a Estação de Tratamento de Efluentes, onde as caçambas recolhem o lodo primário para dispor no aterro sanitário ou nas plantações de eucalipto. Ao lado das duas leiras foram dispostos um monte de uma tonelada de lodo primário bruto e outro monte com restos de cascas de eucalipto.

O volume do lodo inicial, para cada leira, foi calculado para atingir a proporção de 1,0 kg de lodo / 50 indivíduos adultos. Dessa forma, cada leira tinha um volume proporcional a 60 kg de lodo. A manutenção de uma altura inicial adequada da camada do lodo também é importante, pois evita uma compressão sobre os organismos e zonas de anaerobiose (podendo formar gases de fermentação). A altura inicial foi de 15 cm.

A cada dois dias, a depender do período de insolação ou tempo chuvoso, as leiras eram molhadas com água industrial (a mesma que é utilizada na ETE) por cima da cobertura das cascas de eucalipto ou das palhas de palmeira "indaia". As palhas e as cascas servem para a manutenção da umidade do lodo e para proteger os organismos da ação do calor sol, evitando assim a morte pela dessecação.

Para a verificação do comportamento dos organismos e da eficiência de produção de húmus, as leiras eram inspecionadas quase diariamente. A principal preocupação com relação ao comportamento das minhocas era quando chovia muito, pois o excesso de umidade no lodo poderia induzir uma "fuga" das mesmas, de difícil recuperação.

A depender do estágio de evolução da produção de húmus, e conseqüentemente do crescimento da população dos organismos, eram adicionadas camadas de 10 cm de lodo primário. Numa primeira fase utilizávamos o lodo contido no monte inicial. Após três meses, em junho/97, tentamos utilizar um novo lote de lodo primário, mas o mesmo não se mostrou adequado.

Após a tentativa frustrada descrita no parágrafo anterior, usamos o material do primeiro monte (março/97) como substrato e "alimento" para os organismo. Curiosamente, descobrimos que esse monte estava repleto de minhocas. Então decidimos transformá-lo em várias leiras, misturando-a às antigas leiras construídas em março e maio/97 e os novos lotes de lodo primário bruto.

Em resumo, os procedimentos de manutenção e controle das leiras de vermicompostagem no campo se constituíam em:

- dispor as leiras em camadas finas de, no máximo, 15 cm;
- colocar os organismos na proporção de 50/kg;
- cobrir com palha de palmeiras;
- molhar a cada dois dias, no mínimo;
- observar o comportamento das minhocas;
- se necessário, colocar mais alimento (lodo bruto) em camadas finas;
- para coleta do húmus, utilizar peneiras.

### 2.2 Etapa de laboratório

O experimental de laboratório foi realizado visando obter informações sobre o comportamento das

minhocas frente a diferentes tipos de substrato (lodo primário e cascas de eucalipto) e também produzir 4 amostras uniformes de húmus de lodo primário 100% puro, lodo 30% + 70% de cascas, lodo 70% + 30 de cascas e 100% de cascas. Na maior parte do tempo as cubas eram mantidas cobertas com papelão a fim de simular um ambiente sem iluminação.

Foram utilizadas quatro cubas redondas de vidro, com volume unitário de 3 litros. Em cada cuba foram adicionados 1,0 kg de substrato, nas proporções descritas acima. O teor de umidade médio para cada cubeta era de 65%. Ao final do período de 30 dias, o material das cubetas foram analisados na relação C/N e teor de matéria orgânica.

Em laboratório, 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. Relação C/N igual ou inferior a 18/1 indica que o composto está semicurado (bom), e inferior a 12/1, curado (ótimo) (tab. 1).

A relação C/N é expressa com o denominador inteiro, igual a 1. Ela é obtida dividindo-se o teor de carbono orgânico pelo teor de nitrogênio total, fornecidos pela análise química de uma amostra do húmus compostado.

$$\text{Ex.: C/N} = \frac{\text{C orgânico} / \text{N total} \%}{\text{N total} \% / \text{N total} \%} = \frac{17 / 1,2}{1,2 / 1,2} = 14/1$$

Os resultados dos experimentos de laboratório envolvendo os diferentes tipos de substratos realizados na BSC estão descritos na tabela 2.

### 3. Resultados e discussão

#### 3.1 Comportamento das minhocas

Passados oito meses desde a construção das primeiras leiras de vermi-compostagem, pudemos observar o comportamento das minhocas e de outros organismos, ali também misturados ao lodo em compostagem. Não somente as minhocas participam do processo de compostagem da matéria orgânica, mas muitos outros organismos igualmente importantes como por exemplo as formigas, os cupins, os tatuzinhos e outros artrópodes, passando a habitar as leiras de forma intensiva. Esse tempo também foi o suficiente para verificarmos o crescimento das populações das minhocas, principalmente pela evolução da necessidade de alimento (lodo primário recém coletado do processo).

#### 3.2 Produção de húmus

No nosso experimento de campo foi possível obter húmus de boa qualidade em um período médio de 45 dias. Esse tempo poderá ser ainda mais reduzido se as condições climáticas forem favoráveis. Sabe-se que nos meses da primavera e verão (setembro à março) o metabolismo das minhocas é substancialmente acelerado. Desse modo, considerando que nosso experimento transcorreu na maior parte do tempo nos meses de outono e inverno, podemos prever uma redução do período de compostagem para 30 dias, desde que sejam mantidas as proporções de 50 ind./kg de lodo primário bruto.

#### 3.3 Relação C/N

Os microrganismos, ao decomporem a matéria orgânica, absorvem parte do carbono (C) e do nitrogênio (N), assim como de outros elementos dessa matéria orgânica, que são incorporados no seu organismo<sup>[1,2]</sup>. Os restantes são liberados na forma de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e de amônia (NH<sub>3</sub>) e na formação de outras substâncias.

Segundo a literatura, a relação C/N desejável para o início da compostagem deve ser da ordem de 30/1 e o teor de nitrogênio deve estar entre 1,2 a 1,5 %. Ao longo do processo, parte do carbono é transformado em gás carbônico e parte é usado para crescimento microbiano. O nitrogênio fica retido no material, como nitrogênio orgânico e inorgânico<sup>[1,2,5]</sup>.

Relações C/N elevadas (60/1, por exemplo) demandam maior tempo de compostagem. Se a relação

C/N for muito baixa, ou seja, teor de nitrogênio elevado, deve-se incorporar ao material outro resíduo, rico em carbono (restos de vegetais, cascas de eucalipto, por exemplo) para que a compostagem seja adequada. A relação adequada para a aplicação do húmus de minhoca no solo deve ser, no máximo, de 18/1.

O lodo primário da BSC se constitui basicamente de fibras de celulose, com cores variando de cinza claro, quando seco, a cinza escuro quando úmido. Segundo estudos já realizados com resíduos de industrialização de algodão e com o lodo primário da BSC [2,3,4], no resíduo mineral do lodo encontram-se nutrientes essenciais às plantas, bem como os elementos não-desejáveis (metais pesados e o sódio) (tabelas 3 e 4).

Os nutrientes contidos no lodo primário, após o período de compostagem, poderão ser absorvidos pelas plantas, dando início ao processo de reciclagem de elementos químicos. A maior preocupação com relação ao uso e disposição de resíduos industriais no solo é sobre a contaminação por metais pesados. Os metais pesados são muito estáveis na natureza, podendo acumular e atingir níveis críticos, acima dos quais poderiam ser considerados contaminantes do ambiente. Essa questão, na BSC, está equacionada, após os estudos e pareceres técnicos realizados pela Universidade Federal de Viçosa [3,4]. Os estudos concluíram que se aplicarmos 10 toneladas / ha de lodo primário seco no campo (equivalente a mais de 20 toneladas de lodo primário úmido) não apresentaria risco de poluição ambiental com metais pesados [4].

Uma característica vantajosa do lodo primário da BSC para a vermi-compostagem é a sua elevada capacidade de retenção de umidade. Essa característica facilita o manejo da vermicultura, justamente por causa da elevada temperatura média da região, principalmente nos meses da primavera e verão. Entretanto, cuidados deverão ser tomados quando de períodos muito chuvosos, pois poderá provocar seu movimento superficial em direção às calhas ou aos drenos naturais, fazendo surgir efluentes contaminados com matéria orgânica e de pH mais alcalino.

Tabela 1 – Escala de valores para a relação C/N encontrada na matéria prima a ser compostada e no fertilizante orgânico curado, segundo Keihl.

RELAÇÃO C/N	Matéria-prima (estercos)
De 25/1 a 35/1	Ótimo
De 35/1 a 45/1	Bom
Acima de 45/1	Indesejável
RELAÇÃO C/N	Fertilizante Orgânico (curado)
De a 8/1 a 12/1	Ótimo
De 12/1 a 18/1	Bom
Acima de 18/1	Indesejável

Fonte: Fertilizantes Orgânicos: Kiehl (1985)

Tabela 2 - Relação C/N obtido nos ensaios das cubas de vidro, após 30 dias de tempo de compostagem em condições de laboratório.

COMPOSIÇÃO DA CUBA	RELAÇÃO C/N após 30 dias
100% LODO	16/1
70% LODO / 30% CASCAS DE EUCALIPTO	19/1
30% LODO / 70 % CASCAS DE EUCALIPTO	23/1

Tabela 3 - Transformação química de vermicompostagem de minhoca (*Eisenia foetida*) com esterco de ovino misturado com resíduos da industrialização do algodão (relação 3/1) expresso em % de peso seco, com 4 repetições.

Tempo (semanas)	2	4	6	8	10	12
pH (H <sub>2</sub> O)	8.7	8.6	8.5	8.5	8.0	7.7
Umidade	68.9	60.1	54.1	51.1	50.8	49.5
Matéria seca	31.1	39.9	45.9	48.8	49.2	50.5
Cond. (mS/cm.25°C)	2.05	1.70	1.11	0.99	0.94	0.80
Salinidade (0/00)	1.31	1.09	0.71	0.63	0.60	0.51
CTC (mEq/100g)	40.9	41.7	45.6	46.9	46.9	47.5
Cinza	40.3	48.2	45.9	46.9	52.6	59.9
Matéria orgânica	59.7	51.8	54.1	53.1	47.4	40.1
C (ox)	24.7	20.7	18.6	21.5	14.3	15.5
Ácidos húmico	12.2	11.8	12.5	14.7	15.7	18.9
Ácidos fúlvico	6.1	5.7	4.2	5.7	3.7	3.4
N total	2.06	1.93	1.89	2.01	1.56	1.71
C/N	11.4	10.7	9.8	9.8	9.2	9.1
P	2.75	3.20	3.29	3.47	3.52	4.31
K	0.68	0.63	0.75	0.81	0.90	0.96
Na	0.08	0.10	0.12	0.13	0.12	0.13
UFC (log)	9.17	9.70	9.77	8.64	6.59	6.28

Fonte: ALBANELL et al.

CTC: Capacidade de troca de cátions

UFC: Unidades formadoras de colônias (bactérias)

Tabela 4 – Composição química do lodo primário da BSC.

PARÂMETRO	QUANTIDADE
Inorgânicos	47,8%
Orgânicos	52,2%
Matéria Orgânica	286205,9 mg/kg
pH em água	10.25
Capacidade de reter água	424%
Fósforo	1393,3 mg/kg
Nitrogênio	11,7 mg/kg
Potássio	1051,3 mg/kg
Cálcio	3739,3 mg/kg
Magnésio	5682,8 mg/kg
Sílica	3073,6 mg/kg
Ferro	2273,1 mg/kg
Zinco	1509,4 mg/kg
Manganês	141,9 mg/kg
Cobre	14,89 mg/kg
Sódio	3310,2 mg/kg
Cromo	9,06 mg/kg
Mercúrio	0,0 ug/kg
Boro	123,9 mg/kg
Cádmio	1,02 mg/kg
Chumbo	36,94 mg/kg
Níquel	20,02 mg/kg

Fonte: Souza et.al. (1995) e Souza (1997, comunicação pessoal) e BSC.



Os elementos encontrados em maior quantidade no lodo primário foram o magnésio, cálcio, sódio, sílica e o ferro. Para o sílica, a literatura cita sua importância para as culturas de cana-de-açúcar, arroz, cereais e beterraba açucareira, bem como seu efeito positivo para a absorção do fósforo. Não foram encontrados trabalhos relacionando o silício ao eucalipto. O cálcio é um macronutriente essencial para as culturas. A presença do cálcio no lodo é benéfica, mesmo na cultura do eucalipto na qual a calagem não é uma prática convencional.

Com relação as análises químicas realizadas no húmus produzido após a vermicompostagem os resultados estão resumidos na tabela 5 abaixo.

Tabela 5 - Composição química do húmus de minhoca do lodo primário da Bahia Sul.

<i>PARÂMETRO</i>	<i>QUANTIDADE</i>
Inorgânicos	80,1 %
Orgânicos	19,9 %
Matéria Orgânica	8656,8 mg/kg
Carbono Orgânico %	13,7
Nitrogênio Total %	1,2
Relação C/N	11/1
pH	7 – 8
Nitrogênio	1296,7 mg/kg
Fósforo	1097,4 mg/kg
Potássio	3814,4 mg/kg
Cálcio	53,8 mg/kg
Magnésio	6219,3 mg/kg
Enxofre	0,22 mg/kg
Ferro	5204,5 mg/kg
Sódio	2619,8 mg/kg
Zinco	345,5 mg/kg
Cobre	24,8 mg/kg
Manganês	129,6 mg/kg
Cromo	18,6 mg/kg
Chumbo	48,6 mg/kg
Cádmio	0,6 mg/kg
Mercúrio	0,0 mg/kg
Boro	0,0 mg/kg
Níquel	38,9 mg/kg

Fontes: Laboratórios Bahia Sul e UFV (1997, 1998)

De forma similar, apenas variando em concentração, os elementos encontrados em maior quantidade no húmus após a vermi-compostagem foram o magnésio, ferro, potássio e o sódio. Comparando os valores da composição química do húmus vermi-compostado com as concentrações obtidas no lodo primário bruto, observamos que os elementos potássio, magnésio, enxofre, ferro, cobre, cromo e níquel, apresentaram-se mais elevados. Os nutrientes como o nitrogênio, fósforo, cálcio, sódio, manganês apresentaram valores mais reduzidos em relação ao lodo primário. Para o pH houve uma drástica redução de 10 para um valor médio de 7 a 8. A relação C/N foi altamente favorecida com a vermi-compostagem, alcançando o índice de 11/1, considerada ótima segundo demonstram as tabelas 1 e 5. O metais pesados mais críticos do ponto de vista ambiental (mercúrio e cádmio) apresentaram valores próximos a zero.

#### 4. Conclusões

Com base nos dados acima apresentados fica evidenciado o potencial de uso do lodo primário como substrato para a vermi-compostagem. Esse resíduo poderá servir como fonte de matéria orgânica e nutrientes vegetais com uma melhor qualidade ambiental do que o lodo primário bruto. As principais vantagens do uso da vermi-compostagem no tratamento do lodo primário da ETE são as seguintes:

- utilização de nutrientes para as plantas de uma forma mais elaborada
- relação C/N compatível com a qualidade ambiental dos solos ótimos de cultivo
- enriquecimento de matéria orgânica do solo
- redução do volume de resíduos para o aterro sanitário
- reciclagem da matéria orgânica
- utilização de biotecnologia já dominada
- baixo custo de operação e manutenção
- melhoramento da imagem ambiental da empresa

#### 5. Recomendações

Para a Bahia Sul ou qualquer outra empresa de terceiros poder comercializar o húmus produzido através da utilização da vermi-compostagem do lodo primário, deverá possuir garantias mínimas de qualidade. O Ministério da Agricultura classifica este tipo de fertilizante se o mesmo apresentar os seguintes valores:

- Matéria Orgânica min.: 40%
- pH mín.: 6
- Nitrogênio Total mín.: 1%
- Relação C/N máx.: 18/1
- Umidade máx.: 40%

Baseando-se nesses limites de qualidade, somente o valor de matéria orgânica fica abaixo do recomendado (tab. 5) . Nesse caso, a adição dos fragmentos menores das cascas de eucalipto que sobram do processo (tanto da biomassa quanto para os cavacos do digestor) poderiam ser utilizados visando incrementar o teor de matéria orgânica no húmus.

#### 6. Agradecimentos

Este trabalho não teria sido possível sem a efetiva participação da empresa Húmus e Cia., de Montes Claros – MG, representado pelo Sr. Celso Lopes Lages Filho.

#### 7. Referências Bibliográficas

- 1 – KIEHL, E. J. (1985) – Fertilizantes Orgânicos. Ed. Agronômica Ceres, São Paulo, 492p.
- 2 – MARTINEZ, Ângelo A. (1995) – Manual Prático do Minhocultor. 3º Edição. Jaboticabal, SP. FUNEP, 137p.
- 3 – SOUZA, Caetano M. (1995) – Aplicação Direta do Lodo da Indústria de Celulose e Papel no Solo. Tese de doutoramento. U.F.V. Viçosa.MG. 111p.
- 4 – SOUZA, C. M, QUAGLIA, L. J. C. e SOUZA, A. J. (1995) – Aplicação Direta do Lodo Primário da Bahia Sul Celulose no Solo. Anais do 28º Congresso Anual de Celulose e Papel. SP. p 548-559.
- 5 – CEMPRE, (1996) – Lixo Municipal - Manual de Gerenciamento Integrado. Parte 2 Reciclagem da Matéria Orgânica – Compostagem. CEMPRE, São Paulo.