



### **III-070 - PRODUÇÃO DE MACRO E MICRO NUTRIENTES ATRAVÉS DA COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS ORGÂNICOS PROVENIENTES DAS PODAS URBANAS CODISPOSTOS COM RESÍDUOS DA CEASA E LODO DE ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTOS**

**Mariza Fernanda Power Reis<sup>(1)</sup>**

Engenheira Química pela Universidade Pontifícia Católica (RS). Mestre em Recursos Hídricos e Saneamento pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Engenheira Química do Departamento Municipal de Limpeza Urbana de Porto Alegre. Doutoranda em Recursos Hídricos e Saneamento pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

**Francisco Ricardo Andrade Bidone**

Doutor em Engenharia Civil, área de concentração Hidráulica e Saneamento, pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. Professor Adjunto do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS. Coordenador da equipe de pesquisadores de resíduos sólidos do PROSAB.

**Gino Roberto Gehling**

Engenheiro Civil pela Universidade Católica de Pelotas. Especialização em Engenharia Ambiental pelo Institut Catalá de Tecnologia, Barcelona- Espanha. Mestre em recursos Hídricos e Saneamento pelo IPH/UFRGS. Doutor em Engenharia Ambiental pelo Instituto de Tecnología y Modelización Ambiental de la Universidad Politécnica de Catalunya- Espanha. Professor adjunto do IPH-UFRGS. Pesquisador da equipe de resíduos sólidos do PROSAB.



**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Jenor Cardoso Jarros, 259 - Jardim Sabará - Porto Alegre - RS - CEP: 91215-200 - Brasil - Tel: (51) 217-9111- ramal 2287 - Fax: (51) 217-9111- e-mail: [marizareis@dmlu.prefpoa.com.br](mailto:marizareis@dmlu.prefpoa.com.br)

#### **RESUMO**

A reciclagem da matéria orgânica tem sido exaustivamente estudada por especialistas com a finalidade de aproveitar os resíduos produzidos nas diversas atividades, bem como recuperar áreas desprovidas de fertilização. A compostagem pode ser considerada uma forma ambientalmente adequada de reciclagem da matéria orgânica. É um processo natural tão antigo quanto o planeta, sendo possível reproduzi-lo a partir do emprego de princípios de física, biologia e bioquímica, ciências que associadas, determinam a biotecnologia aplicada. Esta tecnologia tem sido utilizada como uma das formas de reciclagem da matéria orgânica. É definida como um processo aeróbio de decomposição biológica e estabilização da matéria orgânica em condições que permitam o desenvolvimento de temperaturas termofílicas (aproximadamente 60°), resultante de uma produção calorífica de origem biológica, com obtenção de um produto final estável, higiênico, rico em compostos húmicos e cuja utilização, no solo, não ofereça riscos ao meio ambiente.

A compostagem de resíduos de vegetação urbana tem sido realizada por órgãos municipais de limpeza urbana, onde os resíduos de podas são triturados e processados por meio de leiras tipo "windrow". O tempo de compostagem necessário para processar estes resíduos tem sido de 15 à 18 meses, quando a relação C/N atinge valor máximo de 12. Os resíduos da CEASA (Companhia Estadual de Abastecimento Sociedade Anônima), com produção média de 15t/dia em Porto Alegre tem sido destinados aos aterros sanitários. Os lodos gerados em estações de tratamento de esgotos, tem também como destino final os aterros sanitários.

O presente estudo caracteriza o composto, em termos de macro e micronutrientes, produzido em escala piloto através da compostagem dos resíduos de podas urbanas, da CEASA e do lodo de uma estação de tratamento de esgotos codispostos em proporções diferentes em cinco leiras de compostagem. Neste trabalho pretendeu-se avaliar a disponibilidade de nutrientes provenientes da compostagem dos resíduos de podas (resíduos verdes, com alta concentração de carbono) codispostos com lodos de estações de tratamento de esgotos domésticos e resíduos orgânicos da CEASA acompanhando o grau de decomposição ao longo do período de compostagem. Os experimentos foram conduzidos por um período de 150 dias. Os resultados deste trabalho demonstraram que a codisposição destes resíduos acelerou o processo de decomposição e equilibrou os teores de macro e micronutrientes.

**PALAVRAS-CHAVE:** Compostagem, Codisposição, Relação C/N, Macronutrientes, Micronutrientes.



## INTRODUÇÃO

Os quatro constituintes principais do solo, matéria orgânica, matéria mineral, água e ar, formam o ecossistema em permanente mutação que fornece as substâncias nutritivas para o crescimento das plantas e dos microorganismos. Neste meio de cultura, as raízes das plantas que morrem, transformam-se em matéria nutritiva para bactérias, fungos e outros saprófitos, cuja atividade vital decompõe a matéria orgânica em nutrientes básicos para reiniciar o ciclo, uma vez que alimentam o crescimento de novas plantas.

A reciclagem da matéria orgânica tem sido exaustivamente estudada por especialistas com a finalidade de aproveitar os resíduos produzidos nas diversas atividades, bem como recuperar áreas desprovidas de fertilização.

Quanto aos teores de macro e micro nutrientes necessários ao crescimento das plantas, tem-se: carbono, oxigênio e hidrogênio, cedidos pelo ar e pela água; nitrogênio, fósforo e potássio que são os macronutrientes primários, cedidos substancialmente pelo solo; cálcio, magnésio e enxofre que são os macronutrientes secundários, cedidos substancialmente pelo solo; boro, manganês, zinco, cobre, molibdênio e ferro, além de outros elementos em pequenas quantidades dissolvidos na sua camada superficial, que são os micronutrientes.

Dentre os resíduos urbanos de elevado teor de matéria orgânica estão os lodos de estação de tratamento de esgotos, os resíduos gerados em companhias de abastecimento de produtos agrícolas e os resíduos verdes provenientes de podas de vegetação urbana, objetos do presente estudo.

Os resíduos verdes gerados nas podas de vegetação urbana possuem altos teores de matéria orgânica, no entanto a utilização do composto destes para fertilização do solo, possui algumas limitações como fonte de nutrientes e elevado teor de material carbonáceo. Além de que, o uso da compostagem para o beneficiamento deste resíduo é dispendiosa pelo tempo necessário para degradação microbiológica dos materiais celulósicos.

Os resíduos da CEASA possuem características importantes para a sua codisposição na compostagem de resíduos orgânicos, tais como: umidade, matéria orgânica, fornecimento de nutrientes. O lodo proveniente de estações de tratamento de esgotos domésticos pode ser fonte de nitrogênio e potássio apreciável para as plantas, tendo entretanto às vezes altos teores de elementos tóxicos e organismos patogênicos. Atualmente, é um dos resíduos mais estudados nos seus aspectos de aplicação no solo e nas inter-relações solo-planta-animal (e o homem). Em 1978 aproximadamente 23% do lodo produzido nas estações de tratamento nos EUA era aplicado ao solo e em 1986 o percentual passou a mais de 50%.

As características mínimas estabelecidas na década de 70 para adubação orgânica em substituição à adubação mineral é de 3,0% de N; 3,4% de  $P_2O_5$ ; 2,4% de  $K_2O$  e 2,8% de CaO (TEDESCO & STAMMEL, 1986). O valor fertilizante de adubos orgânicos, depende do teor de nutrientes e da forma como eles se encontram. O efeito da adubação orgânica pode ser observado em solos com propriedades físicas inadequadas para o crescimento das plantas. É necessário observar que os mesmos cuidados referentes à adubação química devem ser tomados quando da adubação orgânica, pois alguns substratos quando aplicados continuamente podem inferir altos teores de metais pesados. Segundo KIEHL (1985), a adição de compostos orgânicos ao solo, aumenta a CTC (capacidade de troca catiônica), uma vez que o húmus é o principal responsável pelas cargas negativas dos solos.

A compostagem dos resíduos codispostos pode amenizar impactos negativos da compostagem dos resíduos isoladamente. O uso agrícola do lodo por exemplo, pode contaminar o solo com patógenos ou metais pesados, atração de vetores e emissão de odores também são inconvenientes, além do aspecto de aceitação pela população. A presença de metais pesados no lodo de esgoto, tem sido uma grande preocupação com relação ao seu uso agrícola, sendo que alguns pesquisadores, concluíram, através de seus estudos, que durante a compostagem, na humificação da matéria orgânica, ocorre o fenômeno de quelação de elementos metálicos na fração húmica do composto, ou seja, os metais ficam quimicamente retidos na estrutura dos compostos húmicos (STENTIFORD & PEREIRA NETO, 1993).

Trabalhos de BIDONE (1997) com compostagem e vermicompostagem mostram o potencial nutricional de massas orgânicas submetidas aos processos em questão, com resultados bastante satisfatórios obtidos em



90(noventa) dias de compostagem, mais 60(sessenta) dias de vermicompostagem, onde foi reproduzida a situação de chuva da cidade de Porto Alegre, com pouca lixiviação de nutrientes.

A qualidade do produto final da compostagem deve ser normatizada por legislação específica, pois o composto não é um produto único, podendo sua qualidade variar de excelente à péssima, de acordo com os resíduos e processos empregados. Devido ao fato do problema dos lodos no Brasil ser recente, não há normas para a correta classificação dos processos de tratamento do lodo e qualidade do produto final gerado. A Portaria nº 1 de 4 de março de 1983 do ministério da Agricultura, define alguns parâmetros que devem ser respeitados para o composto em geral, que é colocado à venda no mercado. Esta portaria fixa parâmetros genéricos, sendo que um bom composto de lodo de esgoto pode apresentar características muito superiores aos critérios nela definidos. Por outro lado, a portaria não toca em questões importantes como os metais pesados e microorganismos patogênicos. A tabela 1 apresenta alguns parâmetros fixados pela portaria nº1 e os mesmos parâmetros determinados em composto obtido com lodo de esgoto. As propriedades agrônômicas do composto não se limitam ao seu teor de nutrientes minerais. Mesmo assim os nutrientes tem uma função importante na melhoria da fertilidade do solo, o que justifica a necessidade de sua caracterização analítica e sua divulgação aos agricultores e agrônomos, para a definição de um plano geral de adubação com dados básicos conforme é apresentado na tabela 2 a seguir. O composto não deve ser visto como um substituto do adubo mineral, mas sim como um condicionador de solos, cujo uso, permite melhorar suas condições gerais a longo prazo, fazendo com que as plantas aproveitem melhor o adubo mineral incorporado (FERNANDES & SILVA, 1999).

**Tabela 1: Parâmetros fixados pela Portaria nº1 de 4 de março de 1983 e valores dos mesmos parâmetros encontrados nos composto produzidos com lodo de esgoto**

Parâmetro	Portaria	Lodo de esgoto anaeróbio e podas de árvores	Lodo de esgoto aeróbio e bagaço de cana-de-açúcar	Lodo de esgoto aeróbio e podas de
Matéria orgânica total	Mínimo de 40%	70%	50%	50%
N total	Mínimo de 1,0%	3,1%	1,1%	2,1%
Umidade	Máxima de 40%	40%	35%	54%
Relação C/N	Máximo de 18/1	12/1	12/1	10/1
pH	Mínimo de 6,0	7,0	6,5	6,8

Fonte: FERNANDES & SILVA, 1999

**Tabela 2: Teor de nutrientes minerais presentes em composto produzido com lodo de esgoto**

Composto	pH	M.O.	N%	P%	K%	Ca%	Mg%	S%	C/N
Lodo anaeróbio e podas de árvores	7,0	70	3,10	0,50	0,40	1,01	0,17	0,72	12
Lodo aeróbio e bagaço de cana	6,5	50	1,1	0,40	0,14	0,68	0,15	-	12

Fonte: FERNANDES & SILVA, 1999

O presente estudo caracteriza o composto, em termos de macro e micronutrientes, produzido em escala piloto através dos dados obtidos da compostagem dos resíduos de podas, dos resíduos da CEASA e do lodo de uma estação de tratamento aeróbio de esgotos codispostos em proporções diferentes em nove leiras de compostagem.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os substratos orgânicos utilizados na presente pesquisa foram os resíduos de podas urbanas picados, resíduos orgânicos da CEASA (RC), lodos de esgoto de estações de tratamento de esgotos domésticos. Os resíduos de podas, chamados de resíduos verdes (RV) são provenientes da Central de Podas do DMLU (Departamento Municipal de Limpeza Urbana de Porto Alegre), os lodos (L) são provenientes das estações de tratamento do DMAE (Departamento Municipal de Águas e Esgoto de Porto Alegre). O período de análise deste experimento foi de 150 dias de compostagem.



**Montagem das leiras:** As leiras de compostagem foram montadas em bases construídas de alvenaria, revestidas com lona plástica e dreno para os líquidos percolados. Foi colocado um telheiro como cobertura para evitar o excesso de umidade nas leiras. A base das leiras media 2,00mx2,00m. A altura das leiras variaram de 1,00m à 1,50m, conforme o tipo de resíduo e as proporções adotadas. A figura 1 mostra a forma de montagem das leiras . As quantidades e proporções codispostas nas leiras estão apresentadas na tabela 3.



**Figura 1: Montagem das leiras de compostagem**

**Tabela 3: Quantidades e proporções dos substratos brutos utilizados no experimento**

Leira	Quantidades (kg)*			Proporções (%)*		
	RV*	RC*	L*	RV*	RC*	L*
	1506,00	0,00	0,00	100	0	0
2	772,50	773,20	0,00	50	50	0
3	375,40	381,40	750,20	25	25	50
4	750,00	0,00	750,00	50	0	50
5	375,80	766,70	375,10	25	50	25

\*em peso úmido

**Atividades desenvolvidas:** A avaliação diária da temperatura foi realizada em três pontos de cada leira - topo, centro e base- controlada através de dois termômetros analógicos com haste metálica. Com isto, é possível estabelecer qualquer medida corretiva caso a temperatura esteja excessivamente alta - maior que 65°C - ou baixa - menor que 35°C; as temperaturas elevadas sugerem o reviramento e as baixas, teores baixos de umidade - menor que 35%. Foi realizado o reviramento e irrigação semanal em cada leira, quando necessários. A rega foi realizada com água tratada desclorada. Afora esses fatores que permitem o controle do processamento, foram realizadas com pelo menos duas amostras de cada leira, as análises físico-químicas, cujos métodos e frequências são apresentados na tabela 4.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 5 apresenta a caracterização dos substratos brutos utilizados nos experimentos. Já a tabela 6 apresenta os resultados de análises dos substratos sólidos no início da compostagem e quando de seu término, aos 150 dias.





**Tabela 4: Parâmetros estudados nos experimentos, amostras sólidas, método, unidade, local de realização e frequência de análise.**

Parâmetro	Método*	Unidade	Local de realização e frequência
Temperatura	direto: term. bimetálico	°C	IPH- diária
pH	potenciométrico- Ag/AgCl	-	IPH-mensal
DQO	refluxo fechado/titulométrico	mg/l	IPH- 1 x (amostras brutas),
Umidade	secagem	%	IPH-mensal
MOT	calcinação	% (PS)	IPH-mensal
C.O.	titulométrico	% (PS)	Agronomia-mensal
N	destilação p/ Kjeldahl	% (PS)	Agronomia-mensal
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	destilação/titulometria	mg/kg (PS)	Agronomia-mensal
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> +NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	destilação/titulometria	mg/kg (PS)	Agronomia-mensal
P	espectrofotometria	% (PS)	Agronomia-mensal
K	fotômetro de chama	% (PS)	Agronomia-mensal
Ca	absorção atômica	% (PS)	Agronomia-mensal
Mg	absorção atômica	% (PS)	Agronomia-mensal
B	espectrofotometria	mg/kg (PS)	Agronomia-mensal
Cu	absorção atômica	mg/kg (PS)	Agronomia-mensal
Zn	absorção atômica	mg/kg (PS)	Agronomia-mensal
Mn	absorção atômica	mg/kg (PS)	Agronomia-mensal
Na	fotômetro de chama	mg/kg (PS)	Agronomia-mensal
Fe	absorção atômica	% (PS)	Agronomia-mensal
S	espectrofotometria	% (PS)	Agronomia-mensal
Cd	absorção atômica	mg/kg (PS)	Agronomia-mensal
Cr	absorção atômica	mg/kg (PS)	Agronomia-mensal
Ni	absorção atômica	mg/kg (PS)	Agronomia-mensal
Pb	absorção atômica	mg/kg (PS)	Agronomia-mensal
CTC à pH da amostra	absorção atômica/espectrof.	me/100g(PS)	Agronomia-mensal

\*STANDARD METHODS FOR EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 1995-

- PS: Peso seco à 105°C por 1 hora.

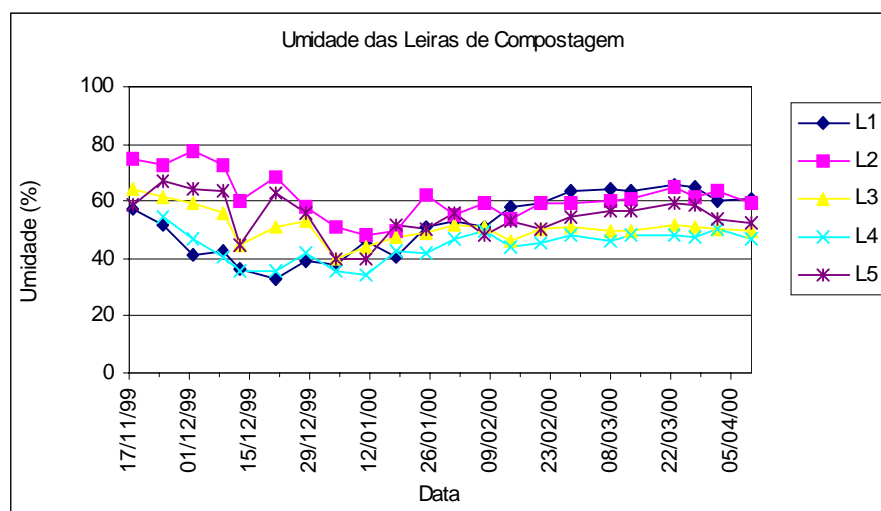
A codisposição dos resíduos favoreceu inicialmente o equilíbrio da umidade nas leiras. Entretanto neste experimento a umidade foi controlada sistematicamente através das análises e irrigação com água desclorada para manutenção da mesma nos patamares desejados, na faixa de 60%. A figura 2 apresenta o perfil das umidades desenvolvidas nas leiras durante o período do experimento. Quanto à estabilização da matéria orgânica observa-se na figura 3, que ao final dos 150 dias de compostagem, nas leiras 2, 3, 4 e 5 houveram reduções significativas da matéria orgânica, as quais continham resíduos da CEASA e lodo. A referida figura mostra o grau diferenciado de estabilização da matéria orgânica nas leiras deste experimento. O carbono orgânico também teve redução nas leiras citadas. Na figura 4 é mostrado que a relação C/N nas leiras compostadas apresentavam ao término do experimento valores significativamente menores nas leiras com lodo. O lodo utilizado neste experimento tinha um teor baixo de matéria orgânica. Este percentual baixo deve-se principalmente ao elevado conteúdo de areia neste resíduo, proveniente de leitos de secagem. O lodo possui teores de nitrogênio total em torno de 1,7%. Os resíduos da CEASA continham 2,7% de nitrogênio total. Ambos substratos possuem expressivas quantidades de nitrogênio amoniacal, comparativamente aos resíduos de podas. O potássio foi fornecido principalmente pelo resíduo da CEASA. Sódio e chumbo tiveram maiores valores nos substratos da CEASA. Cobre e zinco apresentavam-se inicialmente em teores elevados no lodo, comparativamente aos outros resíduos. Após o período de 150 dias, algumas alterações são percebidas na caracterização dos substratos. O nitrogênio amoniacal é perdido ao longo do tempo de



compostagem na faixa de 90%. O fósforo permanece constante em praticamente todas as leiras. Sódio e potássio foram perdidos ao longo do tempo, nas leiras 2,3 e 5.

**Tabela 5: Caracterização dos substratos brutos utilizados nos experimentos.**

Parâmetros	Poda	CEASA	Lodo
Umidade (%)	44,20	88,49	55,18
Matéria Orgânica(%)	67,15	85,43	21,69
pH sólido	7,3	-	6,1
CTC (me/100g) a pH da amostra	22,00	55,90	11,80
N (%)	0,46	2,70	1,70
CO (%)	15	37	17
C/N	32,6	13,7	10
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/kg)	35,00	0,12%	0,13%
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/kg)	24,00	100,00	21,00
P (%)	0,12	0,37	0,30
K (%)	0,51	2,40	0,20
Cd(mg/kg)	<1	<1	<1
Cr (mg/kg)	44,00	40,00	10,00
Ni (mg/kg)	33,00	8,00	32,00
Pb (mg/kg)	23,00	99,00	8,00
Ca (%)	0,62	1,80	0,94
Mg (%)	0,14	0,26	0,24
B (mg/Kg)	20,00	20,00	14,00
Cu (mg/Kg)	13,00	6,00	129,00
Zn (mg/Kg)	162,00	43,00	588,00
Mn (mg/Kg)	242,00	142,00	110,00
Na (mg/kg)	875,00	0,24%	861
Fe (%)	1,40	0,28	1,10
S (%)	0,05	0,56	0,65



**Figura 2: Umidade nas leiras de compostagem do experimento.**

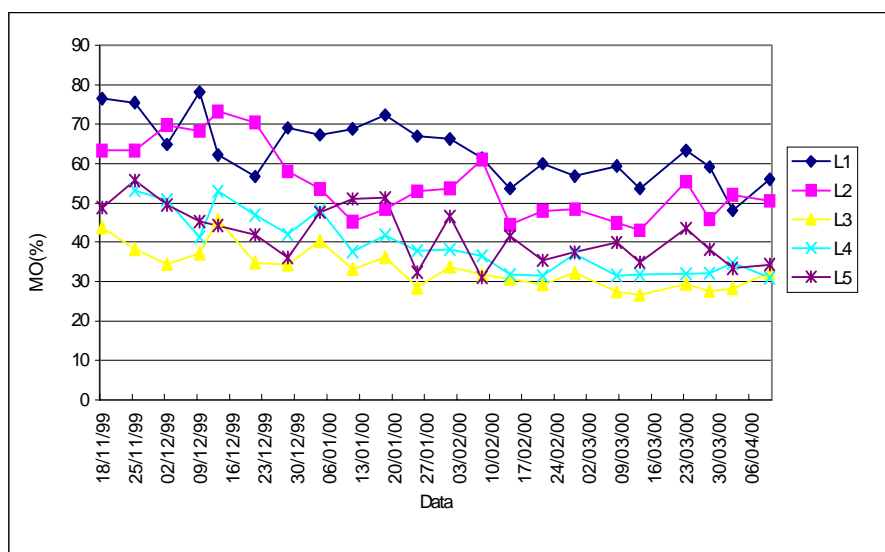


Figura 3: Matéria Orgânica nas leiras de compostagem do experimento.

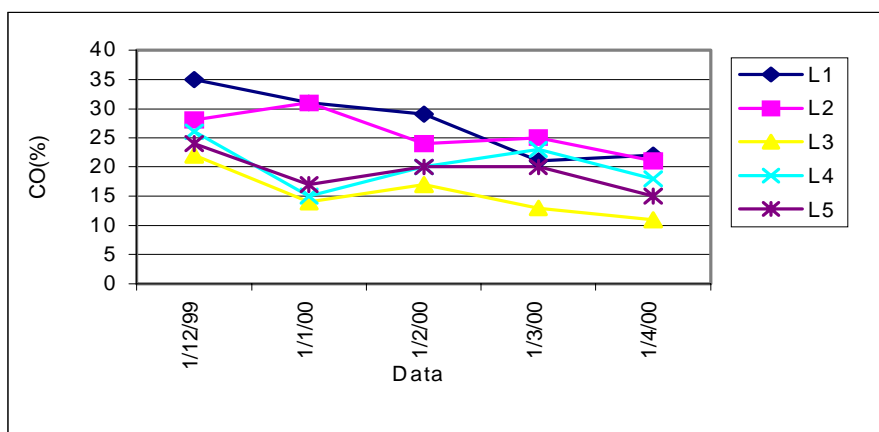


Figura 4: Carbono orgânico nas leiras de compostagem do experimento.

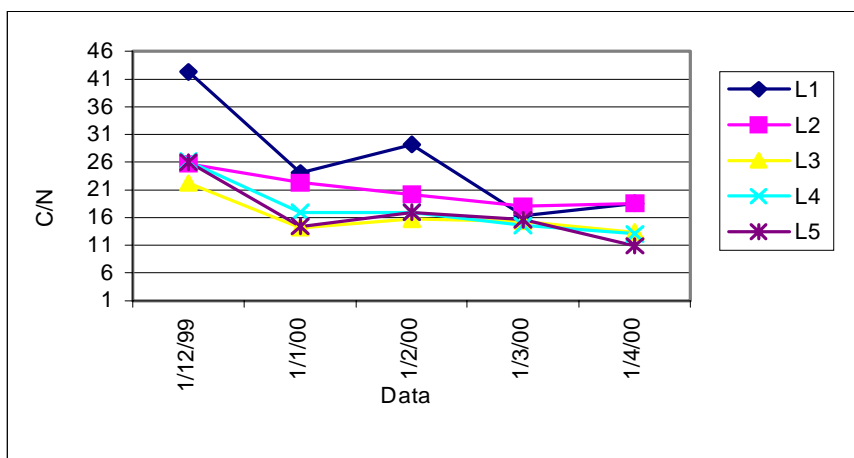


Figura 5: Relação C/N nas leiras compostadas do experimento.

**Tabela 6 : Análises dos substratos sólidos na compostagem -Início: 13/11/1999 Término:15/04/2000 (150 dias).**

Parâmetros	Início da compostagem					Término da compostagem				
	L1	L2	L3	L4	L5	L1	L2	L3	L4	L5
Umidade (%)	51,55	72,76	61,33	54,27	67,14	60,49	59,11	49,58	46,81	52,64
pH sólido	7,90	7,90	6,80	7,10	7,10	9,00	8,60	7,00	7,20	6,80
Matéria orgânica (%)	75,47	63,35	38,33	53,25	55,60	56,05	50,52	32,30	30,99	34,31
CTC (me/100g) a pH da amostra	42,17	25,45	22,00	26,00	25,81	51,20	53,60	28,40	39,60	31,00
N (%)	0,83	1,10	1,00	1,00	0,93	1,20	1,60	0,92	1,40	1,40
CO (%)	35,00	28,00	22,00	26,00	24,00	22,00	21,00	11,00	18,00	15,00
C/N	42,17	25,45	22,00	26,00	25,81	18,33	18,33	13,12	12,86	10,71
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/kg)	37,60	107,40	107,40	733,40	256,60	128,00	52,00	59,00	74,00	128,00
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/kg)	27,90	30,70	193,80	96,20	205,00	35,00	95,00	159,00	265,00	69,00
P (%)	0,11	0,16	0,17	0,15	0,21	0,19	0,29	0,22	0,31	0,31
K (%)	0,71	0,78	0,42	0,54	0,52	0,63	0,72	0,26	0,42	0,29
Cd(mg/kg)	1,90	2,10	1,20	2,10	2,10	0,59	0,59	<0,59	<0,59	<0,59
Cr (mg/kg)	78,00	23,00	42,00	35,00	26,00		441,00	217,00	248,00	472,00
Ni (mg/kg)	51,00	20,00	31,00	26,00	22,00	315,00	196,00	188,00	211,00	216,00
Pb (mg/kg)	6,50	8,20	45,00	38,00	54,00	13,00	15,00	48,00	57,00	70,00
Ca (%)	1,10	1,40	1,00	1,00	1,20	1,60	1,90	1,00	1,50	1,30
Mg (%)	0,27	0,32	0,28	0,26	0,30	0,29	0,31	0,20	0,26	0,24
B (mg/kg)	37,00	40,00	35,00	36,00	24,00	38,00	36,00	22,00	24,00	19,00
Cu (mg/kg)	17,00	16,00	62,00	46,00	73,00	18,00	30,00	79,00	91,00	121,00
Zn (mg/kg)	36,00	52,00	268,00	188,00	318,00	72,00	109,00	314,00	357,00	497,00
Mn (mg/kg)	141,00	156,00	154,00	140,00	146,00	293,00	330,00	198,00	263,00	200,00
Na (mg/kg)	319,00	260,00	175,00	208,00	217,00	616,00	541,00	168,00	294,00	160,00
Fe (%)	0,60	0,56	0,82	0,93	0,96	1,00	1,80	0,94	1,20	1,50
S (%)	0,08	0,13	0,30	0,24	0,40	1,00	1,80	0,94	1,20	1,50

## CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A bioestabilização, medida pelo teor de matéria orgânica, embora seja um parâmetro subjetivo de avaliação do grau de humificação de substratos orgânicos, mostrou-se com melhor desempenho nas leiras que continham resíduos da CEASA e lodo, principalmente a leira 3 que continha inicialmente 50% de lodo e 25% de resíduos da CEASA. Isto também é observado analisando-se a relação C/N ao final do experimento. O nitrogênio amoniacal foi perdido principalmente pela elevada temperatura e incremento do pH durante o processo de compostagem. O sódio e potássio podem ter sido perdidos pela sistemática de rega nas leiras, já que segundo KIEHL (1985) os hidrogênios da água de rega podem ser adsorvidos pelas micelas coloidais húmicas, que liberam outros cátions, o que explicaria a redução da disponibilidade. Os micronutrientes zinco, chumbo e cobre foram disponibilizados principalmente pela incorporação de lodo, mas com teores muito abaixo de valores tóxicos para as plantas. Conclui-se que a codisposição de resíduos em compostagem pode ser vantajosa para aumentar a disponibilização de nutrientes. A aceleração do processo de biodegradação também é comprovada, através das análises dos teores de carbono e nitrogênio e suas relações, nas leiras codispostas com substratos orgânicos de diferentes características físico-químicas, leiras 3, 4 e 5, onde a relação C/N atingiu valores de 10 à 13 ao final dos 150 dias de compostagem. Este experimento também comprovou que o controle da umidade e reviramento (aeração) são fatores determinantes para a aceleração do processo, mesmo nas leiras 1 e 2, com 100% e 50% de resíduo verde, respectivamente. A relação C/N nestas leiras chegaram a valores de 18,33 ao final do experimento (150





dias). Na compostagem executada pelo DMLU com resíduos verdes (podas urbanas) o processo de biodegradação atinge a relação C/N em torno de 15 após 12 meses de processo, onde não há controle de umidade e aeração. É importante observar que repetições destes experimentos devem ser realizadas, em escala real, para que sejam obtidos dados mais consistentes e precisos, por tratar-se neste caso de análises de amostras sólidas (poucas gramas), de difícil representatividade da massa em compostagem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BIDONE, F.R.A. 1997. Disponibilidades de nutrientes observadas em vermicomposto produzido pela *Eisenia foetida* a partir de composto de lixo orgânico urbano. I encontro nacional sobre edificações e comunidades sustentáveis. Canela. RS. P. 67-72.
2. BIDONE, F.R.A. & CASTRO, C.M.B. 1997. Macro e micronutrients production during vermicomposting of distinct substrates by *Eisenia foetida*. DEPOLURB. São Paulo.
3. FERNANDES, F. & SILVA, S.M.C. 1999. Fundamentos do processo de compostagem aplicado ao tratamento dos biosólidos. In: Manual prático para compostagem de biosólidos. 84p.
4. DI BERNARDO, L. Métodos e Técnicas de tratamento de Água - V. I e II. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro, Brasil, 1993.
5. GOUVÊA, L. C. & PEREIRA NETO, J.T. 1997. Avaliação da distribuição de metais pesados durante o processo de compostagem de lodo de esgoto estritamente doméstico. In: Anais do 19º Congresso brasileiro de engenharia sanitária e ambiental. I (059): 346-360. Foz do Iguaçu. PR.
6. KIEHL, E.J. 1985. Fertilizantes orgânicos. Editora Ceres. Piracicaba. São Paulo. 492 p.