



## III-915 - ANÁLISE DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS, BIOLÓGICOS E DE NUTRIENTES DO PROCESSO DE RECICLAGEM DE ORGÂNICOS

**Cícero Antônio Antunes Catapreta** <sup>(1)</sup>

Engenheiro Sanitarista da Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte, Mestre e Doutor em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (UFMG).

**Sofia Regina Lopes**

Técnica Química – CEFET- MG, Geógrafa – PUC-Minas, Especialista em Tecnologia Ambiental – UFMG, Técnica em Laboratório da Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte

**Endereço** <sup>(1)</sup>: Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte – SLU/BH. Departamento de Tratamento e Disposição Final de Resíduos. Rodovia BR 040 – Km 531 – Jardim Filadélfia - Belo Horizonte – MG. Brasil - Tel: (31) 3277-9808 – e-mail: [catapret@pbh.gov.br](mailto:catapret@pbh.gov.br)

### RESUMO

A reciclagem de resíduos orgânicos oriundos da massa de resíduos sólidos urbanos produzidos nas cidades brasileiras, por meio do processo de compostagem, apresenta-se como uma importante prática que contribui para reduzir a quantidade de resíduos que são encaminhados para disposição final em aterros sanitários, representando uma medida que contribui para uma boa gestão ambiental sustentável dentro dos municípios. Neste trabalho são apresentados e discutidos os resultados do composto orgânico produzido após 120 dias de processamento em um pátio de compostagem a céu aberto. Foram analisadas 10 leiras de composto orgânico sendo analisados os parâmetros SVT, COT, Umidade, pH e NTotal, biológicos (Coliformes Termotolerantes, ovos de helmintos e Salmonella), os metais (Se, As, Cd, Pb, Cr, Hg, Ni, Ca, Mg e K), Nutrientes (Ca, Mg, NTotal, P e K), além do enxofre (S), Ácidos Húmicos e Capacidade de Troca Catiônica (CTC). Concluiu-se que a compostagem de resíduos orgânicos vem ocorrendo de acordo com o preconizado na literatura e, de forma geral, vem atendendo à legislação. No entanto, alguns resultados sugerem que alguns parâmetros devem ser melhor estudados visando melhorar o processo como um todo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Resíduos Sólidos Urbanos, Lixo, Resíduo Orgânico, Reciclagem, Compostagem.

### INTRODUÇÃO

No Brasil, verifica-se a ausência de políticas consolidadas que possam favorecer ou incentivar o reaproveitamento e reciclagem de materiais considerados resíduos. Essa preocupação com a geração de resíduos sólidos e a tentativa de diminuição do desperdício, somadas à capacidade de produção de renda, produziram políticas de reciclagem e coleta de resíduos sólidos. Existem relatos de diversas experiências, porém são ações isoladas e não fazem parte de uma política abrangente, nacional e governamental.

Devido a essa carência, nota-se que a maior parte dos resíduos não é reciclada, e sim destinada para aterros sanitários, ou simplesmente disposta a céu aberto e lançada nas margens dos córregos e rios, gerando subprodutos que se acumulam no meio ambiente ou são queimados precariamente.

Considerando que os resíduos sólidos urbanos, notadamente os domésticos, gerados pela população brasileira são compostos por resíduos orgânicos, em sua maioria, com valores médios acima de 50%, a reciclagem dessa parcela dos resíduos torna-se importante e configura um elemento importante dentro do contexto do manejo de resíduos sólidos urbanos. Destaca-se a reciclagem via compostagem como uma das maneiras de se reaproveitar esses resíduos orgânicos, esse um processo simples de ser realizado e monitorado.

Segundo Kiehl (1985), o composto orgânico humificado, obtido pelo processo de compostagem de resíduos orgânicos, pode ser considerado um fertilizante orgânico e definido como sendo todo produto de origem vegetal ou animal que, aplicado ao solo em determinadas quantidades, em épocas e formas adequadas, proporciona melhorias de suas qualidades físicas, químicas e biológicas, podendo atuar como um corretivo da acidez, um



complexante de elementos tóxicos e uma fonte de nutrientes às plantas, garantindo a produção de colheitas compensadoras, com produtos de boa qualidade, sem causar danos ao solo, à planta ou ao ambiente.

Esse processo tem sido amplamente utilizado para a reciclagem de resíduos orgânicos e para a produção de composto, ou adubo orgânico, que geralmente é rico em nutrientes e, quando incorporado ao solo, contribui na sua recuperação e enriquecimento.

A compostagem de resíduos orgânicos gerados diariamente pelas populações apresenta-se como uma técnica viável, do ponto de vista técnico e econômico, para reciclagem dessa parcela dos resíduos sólidos urbanos. Diversos estudos já foram realizados no sentido de caracterizar os parâmetros e comportamento que influenciam o processo de compostagem de resíduos orgânicos. Entretanto, nos últimos anos tem-se observado uma redução na realização de estudos que visem caracterizar e apresentar resultados práticos de sistemas de compostagem operando em escala real e contínua.

Assim, considerando o exposto e baseado nos trabalhos que vêm sendo desenvolvidos no Programa de Compostagem da Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte – SLU/BH, este trabalho teve como objetivo avaliar a evolução e o desenvolvimento de algumas leiras de um processo de compostagem de resíduos orgânicos, em pátio de compostagem a céu aberto, considerando o comportamento de parâmetros físico-químicos, biológicos e de nutrientes durante o processo, visando apresentar informações que possam contribuir para aprimorar os conhecimentos sobre essa prática.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido considerando o programa de reciclagem de resíduos orgânicos desenvolvido pela Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte, durante a etapa de compostagem. Este programa encontra-se descrito e detalhado em Catapreta *et al* (2018).

## PREPARO E CONSERVAÇÃO DAS AMOSTRAS

As amostras coletadas foram devidamente acondicionadas, identificadas e encaminhadas para os respectivos laboratórios, para realização dos ensaios analíticos. Houve necessidade de se preservar as amostras, pois as análises não foram realizadas no mesmo dia das coletas. Os ensaios qualitativos e quantitativos, bem como as determinações químicas dos compostos inerentes ao processo foram realizados em um laboratório contratado, enquanto que o acompanhamento do processo de compostagem foi realizado pela equipe da Superintendência de Limpeza Urbana de Belo Horizonte.

## CAMPANHAS DE AMOSTRAGEM

Durante o período de acompanhamento do processo de compostagem, com duração de aproximadamente 120 dias, foram amostradas 10 (dez) leiras, sendo que para cada uma destas foram realizadas físico-químicas, biológicas e de nutrientes. Nesse trabalho são apresentados os resultados para o composto final, com 120 dias.



Figura 1 – Coleta de amostras de composto orgânico

## TEMPERATURA E REVIRAMENTO

O controle da temperatura foi realizado diariamente, com os registros sendo realizados considerando-se a profundidade da leira em três pontos: fundo, meio e topo e o comprimento destas leiras, realizando-se as medições no início, meio e final da leira, obtendo-se desta forma, a média dos 9 pontos amostrados/dia. O reviramento das leiras ocorreu a cada 3 dias.

## PARÂMETROS AVALIADOS

As análises realizadas tiveram como objetivo subsidiar a avaliação do processo de compostagem e maturação do composto orgânico. Nesse trabalho, foram avaliados os resultados de parâmetros SVT, COT, Umidade, pH e  $N_{Total}$ , para as leiras de 120 dias, além dos parâmetros mencionados, foram avaliados os biológicos (Coliformes Termotolerantes, Ovos de helmintos e Salmonella), os metais (As, Cd, Pb, Cr, Hg, Ni, Ca, Mg, e Se), Nutrientes (Ca, Mg,  $N_{Total}$ , P e K), além do enxofre (S), Ácidos Húmicos e Capacidade de Troca Catiônica (CTC).

## ANÁLISE DOS DADOS

Para avaliar a viabilidade da utilização do composto orgânico para fins agrícolas, adotou-se como critério as condições estabelecidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária por meio das Instruções Normativas nº 61/2020, IN nº 27/2006 e a IN nº 03/2015, além da Resolução CONAMA nº 481 (Brasil, 2017).

## RESULTADOS

Nas Tabelas 1 a 3 são apresentados os resultados das análises físico-químicas, bacteriológicas e de nutrientes realizadas em amostras de composto orgânico com 120 dias de maturação.

**Tabela 1 – Resultados de análises dos teores de macronutrientes e pH em amostras de composto orgânico**

Parâmetro	Referência	Leira N									
		28	32	36	40	48	52	4	8	16	21
Umidade	50%	7,29	8,88	29,47	66,62	63,1	56,31	54,96	31,42	21,26	43,31
SVT	-	7,29	14,11	6,62	5,77	6,17	5,94	6,71	9,59	12,88	9,64
COT	Min 15,0 %	12,15	11,5	12,83	8,39	8,23	10,07	20,37	16,57	10,71	12,11
NT	0,50 %	0,53	0,43	0,17	0,52	1,82	0,98	1,68	0,23	4,04	2,08
P	-	0,94	1,108	1,009	0,247	0,5	1,09	1,217	1,48	1,31	0,98
K	-	0,25	0,35	0,38	0,68	0,65	0,53	0,65	0,9	1,05	0,8
C/N	20,0	23/1	27/1	75/1	16/1	5/1	10/1	12/1	72/1	3/1	6/1
S	-	1,261	<0,001	0,0014	0,013	0,014	0,008	0,0077	0,0058	0,0628	0,043
Mg	-	5,68	2,07	0,02	0,13	0,03	0,01	0,01	0,01	0,11	0,07
Ca	-	66,21	25,34	0,24	0,95	0,81	0,18	0,18	0,15	1,38	0,76
pH	Min 6,0	9,25	7,96	7,47	8,55	8,1	7,51	7,7	7,56	7,44	8,1



**Tabela 2 – Resultados de análises dos teores de metais e outros parâmetros em amostras de composto orgânico**

	Metais							Outros	
	Cd	Pb	Cr	Hg	Ni	As	Se	Ácidos Húmicos	CTC (mmol/Kg)
Lmáx	3,0	150	2,0	1,0	70	20	80,00	0,03 m/m	-
	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg	mg/Kg		
<b>Leira Nº</b>									
28	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	20,97	3.310
32	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	17,66	475
36	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	21,29	155
40	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	14,47	265
48	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,10	1.105
52	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	17,2	1.010
4	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	35,18	1.015
8	<0,40	<10,00	<25,00	<0,02	<0,01	<1,00	<1,00	29,9	1.900
16	<0,40	<10,00	<25,00	<0,02	<0,01	<1,00	<1,00	20,56	1.425
21	<0,40	<10,00	<25,00	<0,02	<0,01	<1,00	<1,00	19,35	1.125

**Tabela 3 – Resultados de análises bacteriológicas em amostras de composto orgânico**

	Coliformes Termotolerantes (NMP/g de MS)	Ovos de Helmintos (n.º em 4g ST)	Salmonella (Presença /Ausência)
Lmáx	1.000	< 1,0-	Ausência
<b>Leira nº</b>			
28	2E+08	< 1,0-	Ausente
32	3E+08	< 1,0-	Ausente
36	1E+08	Ausente	Ausente
40	48	Ausente	Ausente
48	4E+07	Ausente	Ausente
52	1E+07	Ausente	Ausente
4	1E+07	Ausente	Ausente
8	5800	< 1,0	Ausente
16	29.000	< 1,0	Ausente
21	5.400	< 1,0	Ausente

## ANÁLISE DOS RESULTADOS

A seguir é apresentada análise simplificada dos resultados físico-químicas que foram realizados nas leiras de composto orgânico estudadas.

### NITROGÊNIO TOTAL E RELAÇÃO C/N

A legislação brasileira estabelece com referência um valor mínimo de 0,50% de nitrogênio total ao final do processo. Considerando isto, somente as leiras 8 e 36 não atenderam à legislação, indicando que seria necessário acrescentar materiais ricos em nitrogênio para que estas se mostrassem adequadas à legislação.

Segundo TIBAU (1984), quanto mais elevado o teor de nitrogênio, mais estreito é a relação C/N e maiores são as disponibilidades dos nitrogenados para a flora microbiana, maior a sua proliferação e mais intensa as suas atividades. O limite mínimo estabelecido pela legislação para a garantia da qualidade do composto orgânico segundo a legislação brasileira é de 20/1, com o composto estando bioestabilizado ou semicurado, segundo a literatura, quando a relação C/N for inferior a 12/1 ou igual a 10/1, o composto está humificado ou curado.



Como pode ser observado, para algumas leiras analisadas essa relação ficou dentro do limite recomendado e encontram-se dentro do esperado. As leiras 4, 16, 21, 40, 48 e 52 apresentaram-se dentro do esperado segundo a legislação brasileira para composto bioestabilizado e humificado. As leiras 28 e 32, considerando a legislação ainda não estavam bioestabilizadas, indicando que estas leiras, apesar de já possuírem 120 dias, ainda necessitariam de mais tempo de maturação.

As leiras 8 e 36, para a relação C/N, apresentaram valores atípicos, indicando que a amostra coletada, provavelmente, possuía um percentual maior de material celulósicos.

## UMIDADE

Na Tabela 2 são apresentados os resultados de umidade observados para as leiras de composto orgânico estudadas. A legislação brasileira descreve que o limite máximo de umidade para a qualidade final do composto orgânico é em torno de 50%. Na literatura, observa-se que entre 40 e 60% de umidade é o teor adequado para o composto maturado.

Observado os resultados considerando esse critério, somente a leira 4 e 52 estariam próximos de atender a legislação. Por outro lado, considerando a literatura, as leiras 40, 48, 52 e 4 estariam em conformidade. Contudo, há que se considerar que as leiras estavam expostas ao tempo, em pátio aberto, e, em função das condições climáticas estas podem ter apresentado valores diferentes do esperado.

## POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (pH)

O pH (potencial hidrogeniônico) é um importante parâmetro de acompanhamento do processo de compostagem, indicando a evolução da degradação microbiológica da matéria orgânica e o desempenho do processo. O comportamento apresentado por parte das leiras foi de acordo com o estabelecido na legislação, que deve ser acima de pH > 6,0, para uso na agricultura, e de acordo com resultados encontrados no estudo, as leiras, no estágio final, apresentaram valores acima desse limite.

## METAIS

Todos os teores de metais analisados se mostraram dentro do estabelecido pela legislação, indicando que o composto final obtido pode ser utilizado para produção agrícola. A baixa concentração de metais pesados apresentados no composto orgânico pode ser, em parte, devido à origem da matéria orgânica empregada no processo, que é oriunda de uma coleta específica em sacolões.

## ANÁLISES BACTERIOLÓGICAS

Com relação às análises microbiológicas, no que diz respeito às presenças de Salmonelas e Ovos de Helminthos, o material analisado se mostrou dentro do estabelecido pela legislação. Contudo, em relação aos coliformes, estes apresentaram valores elevados, indicando necessidade de um tratamento complementar (ex.: solarização), no sentido de eliminar a presença destes.

## CONCLUSÕES

Neste trabalho foram apresentados e discutidos os resultados de análises físico-químicas e bacteriológicas de algumas leiras de composto orgânico. Os resultados, de maneira geral, indicam que o processo de compostagem destas leiras ocorreu de acordo com o preconizado na literatura e esperado e, de forma geral, vem atendendo à legislação. No entanto, alguns resultados sugerem que alguns parâmetros devem ser melhor estudados visando melhorar o processo como um todo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária. INSTRUÇÃO NORMATIVA No 61, de 08 de julho de 2020.



SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO  
DE ENGENHARIA SANITÁRIA  
E AMBIENTAL



2. MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária. INSTRUÇÃO NORMATIVA SDA No 27, de 05 de junho de 2006.
3. MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Secretaria de Defesa Agropecuária. INSTRUÇÃO NORMATIVA No 03, de 26 de janeiro de 2015.
4. CATAPRETA, C. A. A.; LOPES, S. R.; BARROS, R. T. V. Avaliação do programa de compostagem dos resíduos orgânicos gerados em Belo Horizonte (MG). In: XIV SIBESA - Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2018, Foz do Iguaçu/PR. Anais do XIV SIBESA - Simpósio Ítalo Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro/RJ: ABES, 2018.
5. SMWW: Standard Methods for Examination of Water and Wastewater - 23ª Edition 2017.
6. BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: MAPA, 2017. 240 p.
7. BRASIL, Resolução CONAMA nº 481, de 03 de outubro de 2017 – Estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos e dá outras providências. CONAMA: Brasília, 2017.
8. KIEHL, E. J. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba – SP: Editora Agronômica Ceres, 1985. 492 p.