



Revista Hipótese

ISSN: 2446-7154

**LIXO: CONTAMINAÇÃO E SOLUÇÃO ATRAVÉS DE
TÉCNICAS DE COMPOSTAGEM E RESULTADOS
BENÉFICOS PARA UMA AGRICULTURA
SUSTENTÁVEL**



**GARBAGE: CONTAMINATION AND SOLUTION
THROUGH COMPOSTING TECHNIQUES AND
BENEFICIAL RESULTS FOR SUSTAINABLE
AGRICULTURE**

**BASURA: CONTAMINACIÓN Y SOLUCIÓN A TRAVÉS
DE TÉCNICAS DE COMPOSTAJE Y RESULTADOS
BENEFICIOSOS PARA UNA AGRICULTURA
SOSTENIBLE**

Luísa Helena dos Santos Oliveira¹
Maria Carolina Marques de Oliveira²
Marcelo Tavares de Oliveira³

Resumo

A importância do aproveitamento dos resíduos sólidos urbanos para reciclagem e fabricação de composto orgânico está relacionada à sua viabilização econômica e social. Neste contexto, a compostagem pode ser favorável como alternativa de tratamento de resíduos quando comparada aos custos dos métodos convencionais de disposição de resíduos. Utilizaram-se combinações diferentes de bagaço de cana, cama e galinha e resíduo de feira, a fim de se estabelecer as melhores condições para produção de adubo orgânico, benéfico para uma agricultura sustentável. Após avaliação qualitativa do adubo orgânico, concluiu-se que o bagaço de cana, seguido pelo de feira limpa, apresentam concentração de nutrientes balanceada.

Palavras-chave: Compostagem. Resíduos sólidos urbanos. Composto orgânico. Agricultura sustentável. Biodegradação.

Abstract

The importance of the use of urban solid waste for recycling and manufacturing of organic compost is related to its economic and social feasibility. In this context, composting may be favored as an alternative to waste treatment when compared to the costs of conventional waste disposal methods. Different combinations of sugarcane bagasse, litter and chicken and fair residue were used in order to establish the

¹ Professor Doutor. CECSUFABC. E-mail: luisa.oliveira@ufabc.edu.br

² Eng. Ambiental e Urbano - UFABC. E-mail: mariacarolina_oliveira@hotmail.com

³ Eng. Ambiental e Urbano - UFABC. E-mail: marc.t.oliveira@gmail.com



Revista Hipótese



ISSN: 2446-7154

best conditions for the production of organic fertilizer, beneficial for sustainable agriculture. After the qualitative evaluation of the organic fertilizer, it was concluded that the sugarcane bagasse, followed by the clean show, present a balanced

Keywords: Composting. Solid waste. Organic compost. Sustainable agriculture. Biodegradation

Resumen

La importancia del aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos para el reciclaje y fabricación de compuesto orgánico está relacionada con su viabilidad económica y social. En este contexto, el compostaje puede ser favorable como alternativa de tratamiento de residuos en comparación con los costes de los métodos convencionales de disposición de residuos. Se utilizaron combinaciones diferentes de orujo de caña, cama y gallina y residuo de feria, a fin de establecer las mejores condiciones para la producción de abono orgánico, beneficioso para una agricultura sostenible. Después de la evaluación cualitativa del abono orgánico, se concluyó que el bagazo de caña, seguido por el de feria limpia, presentan una concentración de nutrientes balanceada.

Palabras clave: Compostaje. Residuos sólidos urbanos. Compuesto orgánico. Agricultura sostenible. Biodegradación.

Envio 10/05/2019

Revisão 10/06/2019

Aceite 30/06/2019

Introdução

As questões ambientais têm provocado cada vez mais interesse e preocupação a todos que se envolvem com a atividade industrial e agrícola, uma vez que os resíduos gerados nessas atividades têm potencial para gerar danos ambientais, se não forem devidamente tratados.

No início da civilização, o homem exercia pequena influência sobre o seu ambiente. Com o aumento da população, uma vez que a caça e a pesca não mais supriam as necessidades básicas de uma população cada vez maior, o homem passou a cultivar o solo, dando origem ao surgimento da agricultura. O meio mais fácil e eficaz de obter campos agriculturáveis foi a utilização do fogo, como forma de destruir a vegetal (ao natural de cobertura. É dessa época que começa a surgir o desequilíbrio gerado pelo homem, alterando o ambiente primitivo (POLPRASERT, 1992).

Essas alterações no meio ambiente, porém, ganharam grande impulso com o advento da Revolução Industrial. Com a produção em massa de bens de consumo, a geração de resíduos tomou uma dimensão sem precedentes na história da humanidade. No início da civilização, os resíduos gerados eram basicamente constituídos de restos



Revista Hipótese



ISSN: 2446-7154

vegetais e excrementos, humanos e animais, porém com o aumento da industrialização, os resíduos são cada vez mais originados dessa atividade (PEAVY et al, 1985).

Desde o início da civilização, o solo, a atmosfera e os recursos hídricos são usados como forma natural de descarte de resíduos das atividades humanas. O aumento na produção desses resíduos tem provocado nos últimos anos preocupação crescente para todos que se envolvem com qualquer tipo de atividade produtiva ou de transformação. Já não é mais possível a simples disposição desses resíduos de maneira direta, nos cursos d'água, solo ou atmosfera.

Além disso, esse aumento na produção desses resíduos vêm provocando impactos ambientais, pois sua taxa de geração é muito maior que sua taxa de degradação; e dessa forma, é cada vez mais premente, a necessidade de reduzir, reciclar, ou reaproveitar os resíduos gerados pelo homem, com o objetivo de recuperar matéria e energia, no intuito de preservar os recursos naturais e evitar a degradação do meio ambiente (STRAUS e MENEZES, 1993).

Dentro deste contexto, foi desenvolvido um trabalho visando estudar a compostagem como alternativa de utilização de várias combinações de tipos de resíduos agroindustriais, como esterco, bagaço de cana, serragem, juntamente com resíduos de feira limpa (tendo em vista, as características potencialmente favoráveis dos materiais, e a disponibilidade destes face à alta geração em atividades agrícolas e agroindustriais), objetivando o tratamento destas matérias-primas e a reciclagem da matéria orgânica, devolvendo-a ao meio ambiente na forma de fertilizante orgânico.

O trabalho também teve como objetivo quantificar a produção de composto orgânico e qualificar sua utilização em mudas de *Solanum Lycopersicum var. Cerasiforme* (Tomate cereja), a fim de estabelecer os benefícios no crescimento e desenvolvimento, quando comparados à utilização de fertilizantes habituais.



Materiais e Métodos

Composteira e resíduos

Foram usados na montagem do experimento 3 composteiras, sendo uma de plástico (com capacidade para 500 L) e as outras duas feitas de madeira e lona (uma com capacidade de 300L e outra com capacidade para 750L), contendo resíduos de feira limpa, bagaço de cana, serragem e esterco de galinha (TABELA 1), devido à disponibilidade e baixo custo de aquisição, na região de Mogi Mirim – SP, de acordo com a tabela abaixo.

Os resíduos de feira limpa são facilmente encontrados nas cidades, sendo geralmente descartados, onde estes podem se tornar um problema, na medida que aumenta o volume de lixo produzido, sobrecarregando os depósitos ou aterros sanitários. O resíduo em questão utilizado foi proveniente de duas feiras localizadas no município de Santo André (SP), ambas com alta geração dos mesmos. O esterco de galinha (cama de galinha) foi gentilmente cedido pelo Grupo Visa fértil, localizado no município de Mogi Mirim (SP). O bagaço de cana foi cedido pela Usina Nossa Senhora Aparecida situada em Itapira (SP).

Tabela 1. Constituição dos resíduos (kg) utilizados em cada uma das composteiras bem como a procedência destes materiais.

Composteira	Resíduos utilizados (Kg)	Procedência do resíduo
Composteira 1 (C1) (madeira e lona de 300 litros)	72 kg de resíduos de feira limpa + 135 kg de cama de galinha	Feiras livre e empresa Visa Fértil
Composteira 2 (C2) (plástica de 300 litros)	72 kg de resíduos de feira limpa + 20 kg de bagaço de cana triturado	Feiras livre e Usina Nossa Senhora Aparecida
Composteira 3 (C3)	335,5 kg de resíduos de feira limpa + 20 kg de serragem	Feiras livre e marcenarias



(madeira e lona de 750
litros)

Os resíduos foram então levados ao laboratório de Resíduos Sólidos da UFABC, onde foram separados, pesados, triturados e misturados na betoneira, para montagem das composteiras, nas concentrações pré-estabelecidas na Tabela 1.

Inicialmente os resíduos foram caracterizados quanto ao teor de C e N. Em função destes dados foram feitos os cálculos das proporções dos resíduos a fim de que todos os tratamentos tivessem uma relação C/N inicial de 35 a 40.

As composteiras foram mantidas por período de 120 dias, sendo monitorada semanalmente a temperatura.

Após o período de monitoramento da temperatura, as composteiras foram desmontadas e os compostos foram mantidos por um período de 80 dias em sacos pretos para que ocorresse a maturação.

Contagem de Microrganismos

Foram conhecidas e quantificadas a densidade de bactérias e fungos (por UFC/mL) nas amostras das 3 composteiras, sob diferentes condições para produção de composto orgânico. Para tal, foi coletada amostra de cerca de 50g de cada composteira em frasco estéril e feita a técnica de diluição seriada ("Pour Plate"), onde foi analisada se a presença de microrganismos nos compostos era idêntica em todas as composteiras amostradas e quais possíveis fatores poderiam determinar a distribuição de microrganismos no processo de compostagem.

Determinações de nutrientes no composto

Foram determinadas as quantidades de N, P e C em cada uma das amostras de cada composteira, com as diferentes combinações de resíduos pré-estabelecidas, para



comparação dos nutrientes existentes em cada um dos adubos orgânicos (EMBRAPA, 1999).

Testes qualitativos quanto ao adubo orgânico produzido

Foram feitos testes qualitativos quanto ao crescimento de plantas, onde utilizou-se *Solanum Lycopersicum var. Cerasiforme* (Tomate cereja), analisando o tamanho da planta e cor das folhas, a fim de distinguir visualmente, qual a melhor combinação de composto adequado para o crescimento do exemplar em questão. Foram colocadas sementes da planta diretamente em sementeiras com as três diferentes combinações de adubo, bem como usado solo controle (sem adição do adubo orgânico), sendo observado o desenvolvimento das mesmas por 45 dias (SMITH et al., 1995).

Delineamento experimental e análise estatística

Todos os experimentos foram testados com três repetições, sendo obtidas as médias dos resultados e desvio padrão, sendo analisada a significância dos tratamentos através de análise de variância, teste de Tukey–Kramer ou Student, dependendo do caso, através do programa estatístico INSTAT (Rutger University).

Resultados e Discussão

Composteira e resíduos

Após o monitoramento por aproximadamente 4 meses de medições de temperatura, sendo elas retiradas em 3 diferentes pontos da composteira, foi possível a variação de temperatura média ao longo do tempo. Durante o processo de composição de bioxidação aeróbica do substrato orgânico ocorre a produção de calor e desprendimento do gás carbônico CO₂ e vapor d'água (FONSECA, 2003).

À medida que o processo de compostagem se inicia, ocorre a proliferação de populações de diversos grupos de microrganismos como bactérias e fungos, que variam de acordo com as características do meio. As colônias de microrganismos são classificadas de acordo com as suas temperaturas ótimas de proliferação.



Revista Hipótese



ISSN: 2446-7154

No primeiro dia de medição de temperatura encontrou-se a fase criófila na média de 19,7° C, nesta fase observa-se um constante aumento na temperatura devido ao início do processo de decomposição microbiana.

Como a constituição das fezes de galinha apresenta um alto valor de nitrogênio e carbono o aumento da temperatura apresentou rápida ascensão, passando rapidamente a fase criófila e fase mesófila e em poucos dias na fase terminal do processo (termófila).

A fase mesófila ocorreu nos três dias seguintes, ocorrendo a degradação dos resíduos mais simples e apresentando a única fase com produção de chorume em todo o processo de compostagem. Nesta fase ocorre a morte de diversos microrganismos patogênicos (FERNANDES e SILVA, 1999).

A fase termófila apresentou uma temperatura máxima de 69,7° C não ultrapassando o limite de 70° C o que potencialmente causaria a morte de nutrientes essenciais ao composto. A fase termófila perdurou por aproximadamente 6 dias, extinguindo microrganismos patogênicos como a *Salmonella tyfosa*, *Salmonella* sp., *Shigella* sp., *Taenia saginata* entre outros (FERNANDES e SILVA, 1999).

Quando a maior parte do substrato orgânico for transformada, a temperatura diminui e a atividade biológica se reduz e as bactérias mesófilas se instauram novamente na composteira, com a temperatura girando em torno de 22°C a 55°C.

Com a rápida redução de temperatura medida na segunda fase mesófila foi adicionado 4.5 litros de água ao composto e foi devidamente homogêneo, uma vez que com a rápida redução e todo o processo não estaria completo, prejudicando a qualidade final do produto. Assim uma nova fase mesófila se instaurou dando continuidade à transformação do substrato orgânico. Nessa fase final o composto apresenta um odor agradável, sua temperatura se normaliza à temperatura ambiente e não há mais produção de chorume chegando ao composto pré-maturo.

A metodologia empregada no composto de bagaço de cana, foi o mesmo utilizado no composto de cama de galinha, com medições constantes em 3 diferentes pontos da composteira. Uma particularidade encontrada no bagaço de cana foi o rápido aumento na temperatura, uma vez que logo na primeira medição o composto já se encontrava na



fase mesófila com uma temperatura média de 45,5°C, particularidade que não foi encontrada em diversas bibliografias estudadas para a apresentação de tal experimento. Em momento algum a temperatura da composteira ultrapassou os 50° C, temperatura considerada ótima da fase termófila.

A grande quantidade de açúcar encontrado no bagaço da cana foi o principal catabolizador neste processo de alta produção de temperatura em curto período de tempo. Após o consumo do açúcar, a temperatura se mostrou em constante declínio, entre 40° a 30° C, até alcançar os limites mínimos de temperatura ambiente.

Além do rápido aumento na temperatura, a composteira de bagaço de cana foi a única dentre as 3 estudadas que apresentou o crescimento de fungos como o cogumelo. O crescimento pode ser explicado com a alta umidade apresentada e como não atingiu temperaturas altas o suficiente para exterminar fungos, bactérias e parasita a mesma se mostrou favorável ao crescimento de tal espécie. Com essas evidências foi feita uma correção no teor de umidade onde foi adicionado 90 litros de bagaço de cana, ocasionando um novo aumento na temperatura retornando à fase mesófila com temperaturas girando em torno de 30° a 40° C por um período de 9 dias, onde todo o processo microbiano se fez ativo.

Sobre o chorume, a composteira apresentou uma baixa produção a partir do sexto dia de medição com uma produção constante por aproximadamente 15 dias.

Diferente das outras composteiras, a metodologia empregada no monitoramento do composto de feira limpa se deu através da retirada de apenas um ponto central de temperatura durante 4 meses com o devido acondicionamento do chorume produzido durante este período.

A produção de chorume foi intensa desde os primeiros dias, diferenciando-se das demais composteiras estudadas, tendo se esgotado apenas na última semana de pré-maturação. A quantidade de chorume coletada chegou ao máximo na primeira semana, com produções de aproximadamente 10litros/dia.

Outro ponto importante a destacar foi que apesar de retirar a temperatura durante os 4 meses, o composto de feira limpa não atingiu a temperatura ótima de 50° a 55°C da



Revista Hipótese

ISSN: 2446-7154

fase termófila, permanecendo todo o processo de pré-maturação com temperatura máxima de 45° (HEIDEMANN, 2005).

Isso se deve ao fato da grande quantidade de carbono encontrado na feira limpa e o baixo índice de nitrogênio, talvez uma melhor distribuição destas quantidades proporcionaria uma temperatura maior no processo. Outro ponto importante se deve à grande quantidade de matéria prima utilizada (foram quase tonelada) e devido à altura da composteira, mesmo com a devida homogeneização, a temperatura era retirada do topo onde a mesma, provavelmente, estaria mais baixa do que no centro da composteira.

Estatisticamente, os resultados apresentados entre as temperaturas pelas composteiras com Cama de galinha e Bagaço de cana de açúcar foram significativas (Tukey-Kramer $p < 0,001$), confirmando estatisticamente que a composteira com Resíduos de Feira Limpa produziu as menores temperaturas, ao longo dos 3 meses de compostagem.

Após feita a técnica de ‘Pour Plate’, pode-se observar que a quantidade de bactérias foi bem menor do que a de fungos para todos os resíduos utilizados, bem como a quantidade de ambos os microrganismos se mostra menor na cama de galinha. Para ambas as diluições e microrganismos, os melhores resíduos parecem ser bagaço de cana, seguido do resíduo de feira limpa.

Tabela 2. Número de bactérias e fungos por UFC (Unidades Formadoras de colônia), pH e teor de umidade (%) dos resíduos feira limpa, cama de galinha e bagaço de cana, após 90 dias de compostagem.

Amostra (resíduo)	Bactérias 10^{-3} (UFC)	Bactérias 10^{-4} (UFC)	Fungos 10^{-2} (UFC)	Fungos 10^{-3} (UFC)	pH	Teor Umidade (%)
Feira Limpa	30	35	60	45	6,0	42,5
Bagaço de cana	30	30	56	42	5,5	53,4
Cama de Galinha	6	3	10	6	4,5	3,5



Revista Hipótese



ISSN: 2446-7154

Possivelmente, existe esta diferença discrepante entre as contagens de fungos e bactérias, devido não só aos nutrientes, mas aos terrores de umidade e pHs apresentados em ambos os resíduos (feira limpa e bagaço de cana) favorecendo mais o crescimento de fungos do que de bactérias, bem como ao fato dos fungos suportarem melhor altos teores de umidade.

Os fungos podem sobreviver em uma faixa ampla de pH e geralmente apresentam uma demanda mais baixa por nitrogênio do que as bactérias. Portanto, os fungos apresentam, a princípio, uma vantagem adaptativa sobre as bactérias em ambientes deficientes em nitrogênio (HAUG, 1993).

Já no resíduo Cama de Galinha as contagens de ambos os microrganismos são baixas, pois os teores de ambos os fatores acima relacionados estarem bem restritos para o crescimento desses microrganismos.

Estatisticamente, os resultados apresentados entre os números de bactérias e fungos, pH e teor de umidade (%) pelas composteiras com Resíduos de Feira Limpa e Bagaço de cana de açúcar foram extremamente significativas (Tukey-Kramer $p < 0,001$), confirmando estatisticamente que a composteira com Cama de galinha produziu apresentou os resultados mais baixos, ao longo dos 3 meses de compostagem.

Após determinadas as quantidades de N, P e C em cada uma das amostras de cada composteira, com as diferentes combinações de resíduos, podemos inferir que houve queda nos níveis de ambos os nutrientes, com exceção dos níveis de nitrogênio na cama de galinha, que sofreu pouca alteração. Isso pode sinalizar a baixa atividade microbiana encontrada, já que o meio não era propício para os microrganismos se desenvolverem, pela falta, principalmente de carbono.

O composto orgânico é um material já praticamente estabilizado que não queima as plantas quando utilizado nas dosagens recomendadas. Tem uma grande capacidade de retenção de umidade e melhora as condições do solo para o desenvolvimento dos organismos úteis. Os teores de nutrientes existentes nos compostos orgânicos são bastante razoáveis, podendo, a maioria das culturas, ser adubadas semente com composto orgânico.



Revista Hipótese

ISSN: 2446-7154

Tabela 3. Composição média dos nutrientes nitrogênio, fósforo e carbono, em g.Kg^{-1} , nas diferentes combinações de adubos produzidos, após 90 dias de compostagem.



Amostra-Resíduo	N (g.Kg^{-1})	P (g.Kg^{-1})	C (g.Kg^{-1})
Feira Limpa	3,2	1,2	58
Bagaço de cana	2,8	1,0	63
Cama de Galinha	5,9	1,1	42

Pode-se verificar que após 3 dias de plantio das sementes de tomate-cereja, que apenas as sementeiras contendo adubo proveniente de resíduos de feira limpa e bagaço de cana apresentavam processo de germinação, bem como o solo controle (Figuras 1a, 1b e 1c). As sementeiras que continham adubo de galinha como composto apresentaram germinação após 4 semanas do início do plantio.



1a



1b



1c (controle)

Figura 2. Sementeiras com adubo de Bagaço de Cana após 3 dias de plantio de tomate-cereja.



2a



2b

Figura 2. Sementeiras com adubo de Feira Limpa após 3 dias de plantio de tomate-cereja.



3a



3b

Figura 3. Sementeiras Solo Controle (sem adição de adubo) após 3 dias de plantio de tomate-cereja.

Pode-se observar conforme as Figuras 1, 2 e 3 que o crescimento após germinação é bem distinto entre os diferentes tipos de adubo contendo bagaço e feira limpa, em contraste com o solo controle (sem adição de adubo). Isso é um indicativo de que os mesmos contêm nutrientes balanceados e necessários às plantas na proporção adequada, já que o crescimento é visualmente pequeno no solo controle.

Conclusões

O monitoramento da temperatura dos diferentes resíduos permitiu supor que todas as composteiras passaram pelas três fases da compostagem, sendo que somente a composteira que continha resíduo de cama de galinha superou segundo a literatura uma temperatura ótima na fase termófila que seria de 50-55°C e as outras duas não atingiram a temperatura ótima na mesma fase.

Na contagem de microrganismos nota-se uma grande diferença entre os resíduos de cama de galinha em relação aos demais composto. A menor presença de microrganismos na composteira de cama de galinha está relacionada com os baixos



Revista Hipótese



ISSN: 2446-7154

parâmetros de pH e umidade, além de que a mesma atingiu temperaturas elevadas de aproximadamente 80°C que fez com que muitos microrganismos desidratassem e por consequência, extinguir-se.

Ao analisar as plantações de tomate observou-se que o melhor composto produzido pela técnica de compostagem foi o adubo de bagaço de cana seguido pelo adubo de feira limpa e por último o de cama de Galinha, porém a diferença entre as plantações que utilizou os adubos de bagaço de cana e feira limpa foi bem pequena mostrando que ambos apresentavam uma concentração de nutrientes balanceada. Já o composto de cama de galinha não cresceu absolutamente nada, acredita-se que isso ocorreu pelo elevado teor de nitrogênio e um teor médio de carbono, ou seja, um desequilíbrio de nutrientes que fez com que o adubo interferisse negativamente no desenvolvimento da plantação, pois até mesmo no solo sem adubo teve um pequeno crescimento da plantação.

O experimento foi realizado com sucesso mostrando que a técnica de compostagem é uma solução promissora e simples no que se diz a respeito da disposição final dos resíduos sólidos urbanos.

Referências

- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Embrapa Solos, 1999.
- FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. **Manual Prático para Compostagem de Biossólidos**. Rio de Janeiro: ABES, 1999.
- FONSECA, Y. D. **Técnicas de avaliação de investimentos: uma breve revisão da literatura**. Caderno de Análise Regional – Desenhahia/UNIFACS. Artigo 5, ago 2003.
- HAUG, R.T. **The Pratical Handbook of Compost Engineering**. Lewis, Boca Ratón, 1993.
- PEAVY, H. S.; ROWED, R.; TCHOBANOGLOUS, G. **Environmental Enginerring**. Macgraw e Hill, New York, 1985, 699p.
- POLPRASERT, C. **Organic waste recycling**. John Willey and Sons. New York, 1992. 357p.
- SMITH, J.F.; WOOD, D.A.; THURSTON, C.F. **Growth measurement of Agaricus mycelium in composted substrates as an indicator of compost Selectivity and mushroom productivity**.



Revista Hipótese



ISSN: 2446-7154

In: ELLIOT, T.J. (Ed.) Science and cultivation of edible fungi. Rotterdam: Balkema, v. 1,1995, p. 293-301.

STRAUS, E. L.; MENEZES, L. V. T. **Minimização de resíduos**. In: Anais do 17º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, p. 212-225, 1993.

