



## MONITORAMENTO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS NA COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

Talita Dantas PEDROSA\*, Camilo Allyson Simões de FARIAS,  
Rafaela Alves PEREIRA, Emanuel Tarcísio do Rêgo FARIAS

Centro de Ciência e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, PB, Brasil

\*E-mail: [tdpedrosa2@yahoo.com.br](mailto:tdpedrosa2@yahoo.com.br)

Recebido em 26/07/2013; Aceito em 19/10/2013.

**RESUMO:** Os processos de compostagem têm se estabelecido como formas eficientes de minimizar a problemática ambiental e de reduzir o volume de resíduos sólidos orgânicos descartados. Esse trabalho tem como objetivos monitorar o processo de compostagem de resíduos agroindustriais e avaliar a qualidade do composto final com base na Portaria N° 01/83 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Para isso foram montadas pilhas de resíduos agroindustriais em solo exposto com monitoramento dos parâmetros: temperatura, pH, sólidos voláteis, umidade e relação C/N. Ao final da compostagem foi avaliado a qualidade do composto produzido, o qual alcançou parcialmente os requisitos mínimos exigidos pela legislação brasileira, mostrando-se eficiente para o tratamento de resíduos agroindustriais.

**Palavra-chave:** resíduos orgânicos, matéria orgânica, meio ambiente.

### MONITORING OF PHYSICAL AND CHEMICAL PARAMETERS IN AGROINDUSTRIAL WASTE COMPOSTING

**ABSTRACT:** *The composting processes have been established as an effective way to minimize the environmental problems and reduce the volume of organic solid waste disposed. This study aimed to monitor the composting process of agroindustrial wastes and evaluate the final product quality. For this were assembled stacks of agroindustrial residues in exposed soil to monitoring the parameters as: temperature, pH, volatile solids, moisture and C/N ratio. At the end of composting was rated the quality of the produced compost and its partially achieved the minimum required by Brazilian law, being effective for the treatment of industrial residues.*

**Keywords:** *organic waste, organic matter, environmental.*

#### 1. INTRODUÇÃO

O setor agroindustrial há muito tempo tem colaborado para o crescimento econômico do país, entretanto, contribui sistematicamente para a geração de grandes quantidades de resíduos. Seu manejo inadequado pode contaminar o solo, ar e corpos hídricos, criando problemas ambientais. Fagundes (2009) destaca que a disposição destes resíduos é uma das preocupações dos profissionais que lidam com a área de saneamento ambiental e das administrações municipais.

Apesar dos resíduos agroindustriais apresentarem elevado potencial poluente, não podem ser considerados como lixo, pois possuem valor econômico agregado e podem ser tratados e aproveitados no próprio setor agroindustrial. Em termos legais, a Lei 12.305/2010 (BRASIL, 2010), que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, sujeita os responsáveis pela geração de resíduos sólidos a obrigatoriedade de uma gestão e gerenciamento observando a seguinte ordem de prioridade: a não geração, redução, reutilização,

reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (VALENTE et al., 2009).

A compostagem surge como uma forma eficiente de se obter a biodegradação controlada dos resíduos de natureza orgânica (PEREIRA NETO, 2007), podendo ser definida como um processo controlado, caracterizado pela decomposição aeróbica da matéria orgânica através dos microrganismos (INÁCIO; MILLER, 2009). O produto resultante da compostagem pode ser utilizado como fertilizante na agricultura ou na recuperação de áreas degradadas. No caso da produção em grandes quantidades, este composto pode ser comercializado, desde que atenda as exigências mínimas de qualidade prevista na Portaria N°. 01/1983 do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (BRASIL, 1983).

Apesar disso, no Brasil, a maior parte dos lixões e até mesmo os aterros sanitários dispõe estes materiais indistintamente em suas áreas. Deste modo, parte

significativa dos resíduos passíveis de reciclagem é destinada a ocupação de partes dos espaços destes ambientes, as quais deveriam ser preenchidas com materiais que não apresentassem esta característica (BARREIRA et al., 2006).

Deste modo, a compostagem surge como uma alternativa de tratamento biológico dos resíduos, podendo ser utilizada tanto para resolução de problemas ambientais, como também para obtenção de fertilizantes orgânicos, gerando benefícios econômicos, sociais e ambientais (LEAL, 2006). Pereira Neto (2007) ressalta que o processo de compostagem é a forma mais eficaz de reciclagem de resíduos de composição orgânica, onde a massa de resíduo é tratada e transformada em um novo produto – o adubo orgânico.

A decomposição da matéria orgânica depende do tempo e ainda de diversos fatores. À medida que o controle da compostagem aumenta, aumentará também a rapidez do processo. Todavia, essa influência não ocorre apenas no tempo de decomposição, mas também na maturação e qualidade do produto final. Destes fatores, destacam-se principalmente aqueles relacionados à inibição e/ou desenvolvimento da atividade microbiana, tais como, a umidade, a temperatura, o pH, a relação C/N, a aeração e a granulometria.

Neste sentido, o presente trabalho tem como principal objetivo monitorar o comportamento dos parâmetros físico-químicos (temperatura, pH, sólidos voláteis, oxigenação, umidade e relação C/N) durante o processo de compostagem de resíduos agroindustriais. Adicionalmente, será avaliado se o composto produzido encontra-se em conformidade com os padrões estabelecidos pelo MAPA.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no pátio de compostagem anexo do Laboratório de Resíduos Sólidos (LABRES) da Universidade Federal de Campina Grande, Campus de Pombal-PB, em solo exposto. No estudo foram utilizados resíduos orgânicos com diferentes características, oriundos de uma agroindústria, da área urbana e da área rural do município (Figura 1).

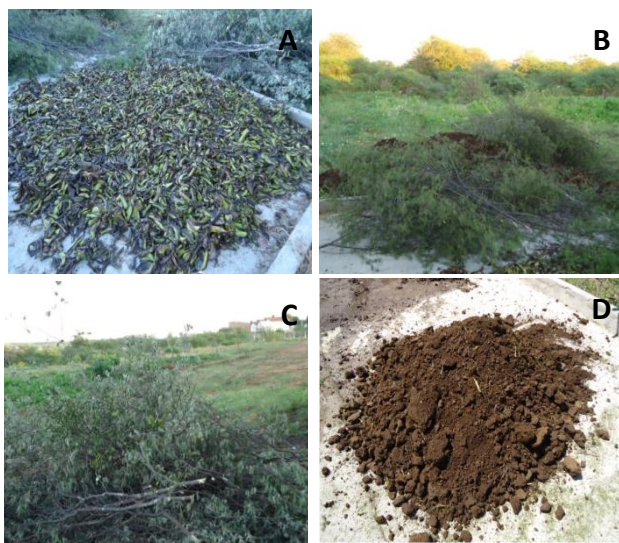


Figura 1. Resíduos orgânicos utilizados na compostagem: A - casca de banana; B - poda de jurema-preta; C - poda de marmeleiro; e D - esterco ovino.

Na agroindústria, no caso uma fábrica de doces, foram coletada cascas de banana. Na área urbana, foi coletado resíduo das podas de árvores que compunham a arborização da cidade – neste caso, selecionaram-se material proveniente de duas espécies, a jurema-preta (*Mimosa tenuiflora* (Mart.) Benth.) e o marmeleiro (*Croton sonderianus* Muell. Arg.). Já na área rural, o resíduo obtido foi o esterco ovino obtido em uma fazenda da região. Todos os resíduos foram selecionados em função de sua disponibilidade, visto que a geração dos mesmos na cidade é considerável e que nem sempre possuem um destino final adequado.

Após a coleta, amostras dos resíduos foram encaminhadas ao laboratório para caracterização de suas propriedades físico-químicas. Na ocasião, foram determinadas para cada um dos resíduos: Nitrogênio total; Fósforo; Potássio; relação C/N; umidade; e matéria orgânica.

Posteriormente, os resíduos sólidos orgânicos foram triturados com vistas a adequar os diâmetros das partículas para cerca de 10 mm e permitir maior superfície de contato para atuação dos microrganismos. A mistura dos resíduos foi feita após a trituração e, em seguida, foram montadas pilhas de 500 kg com os resíduos triturados, com diâmetro e altura de 1,5 m e 0,8 m, respectivamente. A quantidade de cada resíduo utilizado por pilha foi estabelecida com base na sua caracterização físico-química, conforme recomendações de Pereira Neto (2007). No caso, a mistura utilizada buscou atender uma relação C/N de aproximadamente 28:1.

Procurou-se realizar a aeração da pilha sempre a cada três dias, por meio de um revolvimento manual, para proporcionar a entrada de oxigênio no interior da mesma. Ao fim do revolvimento era coletada uma amostra do resíduo e encaminhada ao LABRES para análises. A determinação dos parâmetros físico-químicos se deu por meio de análises das amostras de resíduos da pilha, com exceção do monitoramento da temperatura que era realizado na própria pilha. As amostras foram coletadas apenas nos dias de reviramento, sempre às 07h 00 min da manhã e, armazenadas em sacos de papel com identificação e encaminhadas para análise.

O monitoramento foi realizado durante os 75 dias de compostagem. O acompanhamento do comportamento da temperatura foi realizado diariamente com o auxílio de um termômetro digital. A leitura era realizada em três pontos diferentes – topo, centro e base respectivamente – sendo considerada a média destas leituras. A medição deste parâmetro foi realizada sempre às 07h 00 min da manhã.

Os parâmetros determinados a cada três dias, por meio de análises das amostras retiradas durante o revolvimento das pilhas foram os seguintes: o pH foi determinado a cada três dias utilizando um pHmetro digital; os teores sólidos voláteis estimados com base na quantidade de cinzas que restavam após a combustão da amostra; e o teor umidade, determinado com auxílio de balança analítica e estufa. A análise da relação C/N foi realizada com amostras retiradas no primeiro e último dia de compostagem, de modo que, por meio da obtenção destes dados, fosse possível observar o comportamento da relação C/N inicial e final da mistura.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização físico-química dos resíduos empregados no processo de compostagem pode ser observada na Tabela 1. Segundo Brito (2008), a decomposição de qualquer material orgânico está diretamente relacionada com as suas características físicas, químicas e biológicas. Neste sentido, para produção de um composto com mistura de diferentes resíduos, a determinação da mistura ideal (quantidade de cada um dos resíduos na pilha), passa pelo conhecimento adequado de cada um destes (FERNANDES; CHOIFI, 2010). Logo, torna-se essencial para manufatura de um composto de qualidade e que atenda os padrões de comercialização, que cada resíduo que venha ser utilizando tenha suas principais propriedades físicas e químicas caracterizadas.

Tabela 1. Caracterização físico-química dos resíduos.

Parâmetros	CB	PJ	PM	EO
Nitrogênio (%)	0,52	0,89	1,23	1,07
Fósforo (%)	0,15	0,17	0,18	0,52
Potássio (%)	2,32	0,20	0,30	1,50
Umidade (%)	85,36	34,30	36,47	36,18
Matéria Orgânica (%)	43,90	50,17	43,96	39,82
Relação C/N	49:1	33:1	21:1	27:1

CB = casca de banana; PJ = poda de jurema-preta; PM = poda de marmeleiro; EO = esterco ovino.

A massa submetida ao processo de compostagem foi elaborada utilizando diferentes frações dos resíduos, com base nas análises físico-químicas destes (Tabela 2). A quantidade de cada resíduo foi determinada buscando-se atender a relação C/N de 28:1, conforme recomendado por Pereira Neto (2007). Haug (1993) também ressalta que a relação C/N dos resíduos ao serem submetidos ao processo de compostagem deve ser de aproximadamente 30:1. Para relações muito abaixo desse padrão, o nitrogênio ficará em excesso e poderá ser perdido como amoníaco, causando odores desagradáveis. Já para as relações muito acima deste padrão a falta de nitrogênio limita o crescimento microbiano e o carbono não será todo degradado. Neste caso, não ocorre o aumento da temperatura no processo de compostagem e, conseqüentemente, o processo ocorre de forma mais lenta.

Tabela 2. Massa dos resíduos utilizados nas pilhas de compostagem.

CB	PJ	PM	EO
150,0 kg	12,5 kg	12,5 kg	325,0 kg

CB = casca de banana; PJ = poda de jurema-preta; PM = poda de marmeleiro; EO = esterco ovino.

Após a conclusão do processo de compostagem, a relação C/N desejada deve atingir valores entre 10 e 12:1 (FERNANDES; SILVA, 1991; MARÍN et al., 2005). No entanto, a manufatura da pilha com uma relação de aproximadamente 30:1 se deve a perda de C durante o processo de compostagem, que é utilizado como fonte de energia pelos microrganismos. Essa elevada perda de C em relação à perda de N durante o processo, faz com que a massa final do composto geralmente corresponda a cerca de 40 a 60% da sua massa inicial (BERNAL et al., 1998; LEAL, 2006; BRITO, 2008). Todavia, Haug (1993), menciona que o processo de compostagem envolve o envolvimento de diversos fatores que interagem entre si.

Destes, o autor destaca como mais influentes, além da relação C/N, o pH, a temperatura, a umidade, o diâmetro de partículas, grau de aeração e dimensionamento das leiras.

Na análise do monitoramento da temperatura da pilha nota-se que a mesma se desenvolveu perfeitamente durante os 75 dias de compostagem, indicando um bom desempenho dos microrganismos durante todo o processo. A Figura 2 ilustra basicamente como se deu o comportamento do referido parâmetro no interior da massa de resíduos agroindustriais. A temperatura inicia-se com 30°C indicando índices mesofílicos. Posteriormente a mesma atinge a fase termofílica dentro das primeiras 24 horas, mantendo-se constante até o 21º dia, posteriormente retornam para índices mesofílicos dando início ao processo de maturação. Estes resultados se assemelham aos observados por Silva (2005), que verificou para diversas pilhas de compostagem, um aumento brusco de temperatura nos primeiros dias. Segundo o autor, tal característica é um dos indicativos que a manufatura do composto esta ocorrendo de forma adequada. Segundo Pereira Neto (2007), quando os resíduos são empilhados inicia-se, através da flora mesofílica, o processo de degradação dos resíduos. A energia liberada na forma de calor fica retida na massa de compostagem ocasionando o aumento da temperatura. Com condições favoráveis (umidade, aeração, nutrientes etc.), os microrganismos mesofílicos multiplicam-se aumentando a atividade de degradação e, conseqüentemente, a temperatura atinge rapidamente a faixa termofílica.

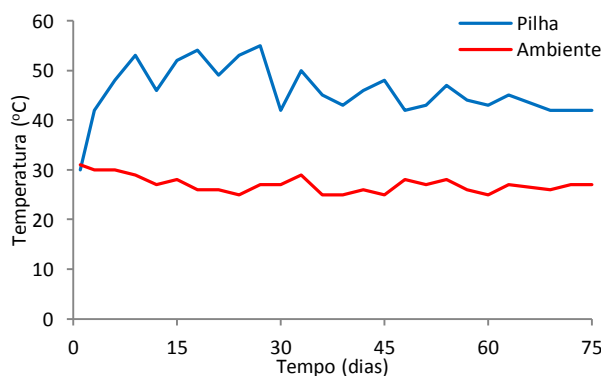


Figura 2. Evolução da temperatura da pilha de resíduos ao longo do processo de compostagem.

O valor do pH da massa de resíduo utilizada apresentou-se levemente alcalino do início ao fim do processo de compostagem (Figura 3), diferindo do comportamento padrão do pH durante o processo de compostagem. Resultados semelhantes foram observados por Costa et al. (2005) e Kumar et al. (2007), que encontraram em seus estudos valores de pH acima da neutralidade (faixa alcalina). De acordo com Haug (1993) no início da compostagem, geralmente pode ser observada uma redução do pH, tornando o composto levemente ácido, decorrente da ação de decomposição da matéria orgânica pelos fungos e as bactérias, ocasionado devido a liberação de ácidos nessa etapa. Posteriormente estes ácidos são decompostos até serem completamente oxidados, atingindo na etapa final do processo um pH levemente alcalino.]



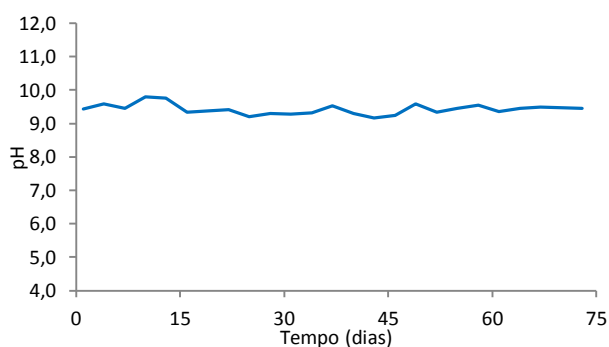


Figura 3. Comportamento do pH da massa de resíduos durante o processo de compostagem.

Brito (2008), avaliando diferentes proporções de misturas de resíduos orgânicos e podas, verificou valores de pH diferenciados, mas todos estes na faixa levemente alcalino. O valor final do pH de um composto depende muito das matérias primas utilizadas. Os materiais utilizados na montagem das pilhas de compostagem do estudo supracitado já apresentava pH alcalino desde o início do processo. Para Tejada et al. (2001), altos valores de pH registrados durante a compostagem podem indicar maior disponibilidade de nitrogênio. Pereira Neto (2007) afirma que valores altos de pH nos compostos podem ser vistos como um grande benefício, uma vez que existe a possibilidade de serem aplicados na correção de solos ácidos.

O comportamento dos sólidos voláteis durante o processo de compostagem pode ser observado na Figura 4. Sua quantificação pode ser utilizada na avaliação da degradação da matéria orgânica, uma vez que tende a diminuir à medida que a matéria orgânica é degradada. O valor inicial da concentração de sólidos voláteis na pilha de compostagem (500 g/kg) reduziu gradativamente para 268,94 g/kg, possibilitando uma redução do teor de sólidos voláteis de 58,92%. De acordo com Pereira Neto (2007), um processo de compostagem eficiente deve apresentar uma redução média do teor inicial de sólidos voláteis de 40%. Dessa forma, percebe-se a eficiência do processo de compostagem realizado, com teores acima do valor indicado pelo autor. Isso provavelmente se deve ao contato da mistura de compostagem com o solo que possui uma flora diversificada de microrganismos degradadores.

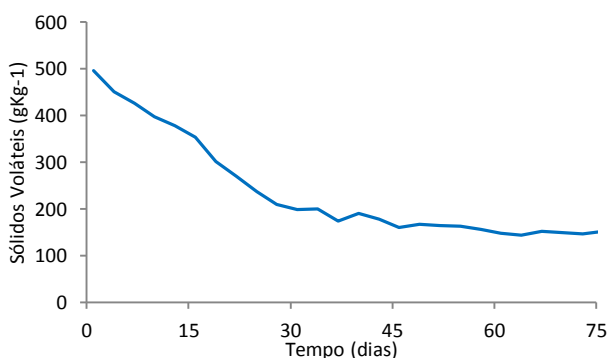


Figura 4. Evolução dos sólidos voláteis ao longo do processo de compostagem.

Na Tabela 3 pode ser observada a caracterização final do composto orgânico produzido. Adicionalmente, os

dados obtidos foram comparados com o padrão de comercialização estabelecido pela Portaria N° 01/1983 do MAPA (BRASIL, 1983). De acordo com o estabelecido pela portaria, o nitrogênio total deve ser maior que 1%. No processo de compostagem a mistura inicial dos materiais orgânicos apresentou um teor de nitrogênio total igual a 0,94%, enquanto que a mistura final, apresentou teor igual a 0,20%, indicando que houve uma redução de 21,3% no teor de nitrogênio total durante a compostagem. Segundo Tiquia; Tam (2000), isso se deve à volatilização da amônia, uma vez que durante todo o processo o pH apresentou-se como levemente alcalino. Esta condição é reforçada pela identificação de odores característicos de amônia durante os primeiros revolvimentos.

Tabela 3. Características físico-químicas da mistura de resíduos, do composto final e os valores de referência para os parâmetros analisados especificados.

Parâmetro	Mistura	Composto	Referência*
Nitrogênio (%)	0,94	0,20	Mínimo de 1,00
Umidade (%)	60	31	Máximo de 40
Relação C/N	28:1	6:1	Máximo de 18:1

\*Portaria N° 01/1983 do MAPA.

A umidade do composto final foi de 31% atendendo as especificações do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, uma vez que ficou abaixo do valor máximo permitido. No entanto, ao longo deste processo de compostagem procurou-se corrigir a umidade para 60%, de modo a garantir condições favoráveis a proliferação dos microorganismos. Casos em que a umidade é muito elevada podem reduzir a disponibilidade de oxigênio, fazendo com que se desenvolva um processo de decomposição anaeróbia dos materiais orgânicos e podendo ocasionar a emissão de odores desagradáveis e perdas de nutrientes. A exemplo disso, Tiquia et al. (1997) e Tiquia et al. (1998), estudando a compostagem de esterco suíno, observaram que o controle da umidade pode reduzir o tempo de decomposição e que a manutenção da umidade em 70% aumentou o tempo necessário para a estabilização do composto.

No que se refere à relação C/N, pode-se perceber que a mesma reduziu de 28:1, no início da compostagem, para 6:1 ao término do processo, demonstrando a eficiência dos microrganismos na degradação da matéria orgânica. Os resultados observados no presente estudo atenderam a exigência estabelecida pela legislação, que é de no máximo 18:1. Todavia, ressalta-se que a relação ideal sugerida pela literatura deve estar entre 10 e 12:1 (FERNANDES; SILVA, 1991; MARÍN et al., 2005). Bernardi (2011), testando várias proporções de resíduos, também verificou uma relação C/N abaixo destes valores (3:1) e inferiores a observada no presente estudo.

#### 4. CONCLUSÕES

Com base nas análises realizadas para caracterizar o composto final verificou-se que o teor de nitrogênio observado foi inferior ao estabelecido para comercialização pela Portaria N° 01/1983 do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Já as demais exigências (umidade e relação C/N) se apresentaram dentro do padrão estabelecido. Deste modo, a escolha de matérias-primas com um maior teor de nitrogênio e a sua mistura com as utilizadas neste estudo,

aliado a condução adequada do processo de compostagem adequado certamente será capaz de produzir compostos que atendam a exigência mínima estabelecida.

O processo de compostagem realizado mostrou-se eficiente, podendo ser utilizado como uma alternativa viável para o tratamento de resíduos agroindustriais, que pode ser empregada por indústrias, propriedades rurais ou por iniciativa do poder público na região estuda.

## 5. REFERÊNCIAS

- BARREIRA, L. P. et al. Usinas de compostagem do Estado de São Paulo: qualidade dos compostos e processos de produção. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, São Paulo, v. 11, n. 4, p. 385-393, out./dez. 2006.
- BERNAL, M. P. et al. Maturity and stability parameters of compost prepared a wide rage of organic waste. **Bioresources Technology**, Oxford, v. 63, p. 91-99, jan. 1998.
- BERNARDI, F. H. **Uso do processo de compostagem no aproveitamento de resíduos de incubatório e outros de origem agroindustrial**. 2011. 78 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2011.
- BRASIL. Normas sobre especificações, garantias, tolerâncias e procedimentos para coleta de amostras de produtos e modelos oficiais a serem usados pela inspeção e fiscalização de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes. **Portaria nº 01, de 04 de março de 1983**. Brasília-DF: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 1983.
- BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Lei 12.305**. Brasília, DF: Congresso Nacional, 2010.
- BRITO, M. J. C. **Processo de compostagem de resíduos urbanos em pequena escala e potencial de utilização do composto como substrato**. 2008. 124 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Universidade Tiradentes, Aracajú, 2008.
- COSTA, M. S. S. M. et al. Compostagem de resíduos da indústria de desfibrilação de algodão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 2, p. 540-548, maio/ago. 2005.
- FAGUNDES, D. C. Gerenciamento de resíduos sólidos urbanos em Tarumã e Teodoro Sampaio-SP. **Sociedade e Natureza**, Uberlândia, v. 21, n. 2, p. 159-179, ago. 2009.
- FERNANDES, F. J.; CHOEFI, F. M. Determinação da mistura ótima para compostagem de dejetos suínos utilizando maravalha de madeira. **Revista Agrogeoambiental**, v. 2, n. 1, p. 109-116, abr. 2010.
- FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. **Manual prático para a compostagem de biossólidos**. Rio de Janeiro: ABES, 1999. 84 p.
- HAUG, R. T. **The Pratical Handbook of Compost Engineering**. Lewis: Boca Ratón, 1993. 752 p.
- INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2009. 156 p.
- KUMAR, V. R. S. et al. Chemical Changes During Composting of Dead Birds With Caged Layer Manure. **Journal of Applied Sciences Research**, Faisalabad, v. 3, n. 10, p. 1100-1104, out. 2007.
- LEAL, M. A. A. **Produção e eficiência agrônômica de compostos obtidos com palhada de gramínea e leguminosa para o cultivo de hortaliças orgânicas**. 2006. 133 f. Tese (Doutorado em Ciência em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- MARÍN, I. et al. **Biotecnología y medioambiente**. Madri: Ephemera, 2005. 312 p.
- PEREIRA NETO, J. T. **Manual de Compostagem: Processo de baixo custo**. Viçosa: UFV, 2007. 81 p.
- SILVA, F. A. M. **Qualidade de compostos orgânicos produzidos com resíduos do processamento de plantas medicinais**. 2005. 92 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2005.
- TEJADA, M. Study of composting of cotton residues. **Bioresource Technology**, Oxford, v. 79, n. 2, p. 199-202, set. 2001.
- TIQHIA, S. M. et al. Effects of bacterial inoculums and moisture adjustment on composting of pig manure. **Enviromental Pollution**, Oxford, v. 96, n. 2, p. 161-171, nov. 1997.
- TIQHIA, S. M.; TAM, N. F. Y. Fate of nitrogen during composting of chicken litter. **Environmental pollution**, Oxford, v. 110, n. 3, p. 535-541, dez. 2000.
- TIQUIA, S. M. et al. Changes in chemical properties during composting of spent pig at different moisture contents. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 67, n. 1, p. 79-89, jan. 1998.
- VALENTE, B. S. et al. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 58, n. 1, p. 9-85, abr. 2009.