

Documentos

327

Seropédica, RJ / Novembro, 2025

Conceitos, procedimentos
e critérios recomendados
para determinação do
índice de maturidade de
composto orgânico



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agrobiologia
Ministério da Agricultura e Pecuária*

ISSN 3086-0326

Documentos 327

Novembro, 2025

Conceitos, procedimentos e
critérios recomendados para
determinação do índice de
maturidade de composto orgânico

*Caio de Teves Inácio
Marco Antônio de Almeida Leal*

*Embrapa Agrobiologia
Seropédica, RJ
2025*

Embrapa Agrobiologia	Edição executiva
Rodovia BR 465, km 7	<i>Ederson da Conceição Jesus</i>
CEP 23891-000 - Seropédica, RJ	Normalização bibliográfica
Caixa Postal 74.505	<i>Carmelita do Espírito Santo</i>
Fone: (21) 3441-1500	Projeto gráfico
Fax: (21) 2682-1230	<i>Leandro Sousa Fazio</i>
www.embrapa.br/agrobiologia	Diagramação
www.embrapa.br/sac	<i>Maria Christine Saraiva Barbosa</i>
Comitê Local de Publicações	Foto da capa
Presidente	<i>Caio de Teves Inácio</i>
<i>Bruno José Rodrigues Alves</i>	
Secretária-executiva	
<i>Carmelita do Espírito Santo</i>	
Membros	
<i>Ederson da Conceição Jesus,</i>	
<i>Janaina Ribeiro Costa Rouws,</i>	
<i>Luc Felicianus Marie Rouws,</i>	
<i>Luis Cláudio Marques de Oliveira,</i>	
<i>Luiz Fernando Duarte de Moraes,</i>	
<i>Márcia Reed Rodrigues Coelho,</i>	
<i>Marta dos Santos F. Ricci de Azevedo e</i>	
<i>Nátia Élen Auras</i>	
	Publicação digital: PDF

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Agrobiologia

Inácio, Caio de Teves.

Conceitos, procedimentos e critérios recomendados para determinação do índice de maturidade de composto orgânico / Caio de Teves Inácio, Marco Antônio de Almeida Leal. – Seropédica : Embrapa Agrobiologia, 2025.

PDF (21 p.) : il. color. – (Documentos / Embrapa Agrobiologia, ISSN 3086-0326; 327).

1. Compostagem. 2. Fitotoxicidade. 3. Estabilidade. 4. Qualidade. I. Leal, Marco Antônio de Almeida. II. Título. III. Série.

CDD (23. ed.) 631.8

Carmelita do Espírito Santo (CRB-7/5043)

Autores

Caio de Teves Inácio

Doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Agrobiologia,
Seropédica, RJ.

Marco Antônio de Almeida Leal

Doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Agrobiologia,
Seropédica, RJ.

Apresentação

A compostagem de resíduos orgânicos vem cada vez mais aumentando sua importância como técnica e tecnologia para o desenvolvimento sustentável de espaços agrícolas e urbanos. A compostagem se conecta fortemente com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) como: Fome Zero e Agricultura Sustentável (ODS2), Cidades e Comunidades Sustentáveis (ODS11) e Ação Contra a Mudança do Clima (ODS13), transformando problema em benefícios. Além de transformar resíduos orgânicos em um insumo para a agricultura – o conhecido *composto orgânico* – a compostagem reduz as emissões de gases de efeito estufa dos aterros sanitários, melhora a saúde do solo e promove a economia circular de nutrientes entre a cidade e o campo. A Embrapa Agrobiologia tem um histórico de trabalho com compostagem, especialmente voltado para a agricultura orgânica, e, junto com outros centros de pesquisa da Embrapa, tem publicado sobre o tema. Nossa equipe de pesquisadores pensou nesta Série Documento intitulada *Conceitos, procedimentos e critérios recomendados para a determinação do índice de maturidade de composto orgânico* com o intuito de preencher uma lacuna importante nos materiais bibliográficos disponíveis em português. Saber determinar a maturidade do composto orgânico é crucial para que este não cause efeitos deletérios ao cultivo vegetal e às mudas em viveiros, e isso pode ser feito por métodos simples e acessíveis. Esperamos que esta publicação desperte o interesse e seja suporte para agricultores e profissionais da área e ajude a elevar a qualidade dos produtos (composto orgânico) produzidos e comercializados no país, no contexto em que a compostagem fará cada vez mais parte da nossa estrutura de economia sustentável.

Cristhiane Oliveira da Graça Amâncio
Chefe-Geral da Embrapa Agrobiologia

Sumário

Introdução	9
Fases da compostagem	10
Critérios gerais de maturidade do composto	12
O Índice de maturidade	14
Indicador de estabilidade	15
Indicador de fitotoxicidade	16
Interpretação	17
Considerações finais	19
Referências	19

Introdução

Saber se o composto orgânico está maturo é saber se o produto final da compostagem apresenta qualidade adequada para ser um insumo agrícola. O composto orgânico é amplamente utilizado em horticultura, fruticultura e na produção de mudas. Pode ser importante componente de substratos utilizados em viveiros de mudas de espécies arbóreas, ornamentais ou hortaliças e também aplicado ao solo visando a recuperação da sua fertilidade. Sua aplicação pode melhorar a capacidade produtiva do solo, melhorando características químicas e físicas, liberando nutrientes, aumentando a capacidade de troca de cátions (CTC do solo), equilibrando o pH e melhorando a capacidade de retenção de água (CRA) e a porosidade. Por ser rico em microrganismos, também contribui para o equilíbrio biológico do solo, podendo proporcionar efeito de supressão de eventuais organismos que podem causar doenças de plantas.

No entanto, o uso de composto orgânico imaturo ou de baixa qualidade pode trazer efeitos muito deletérios ao cultivo, afetando desde a germinação de sementes ao crescimento de mudas. Três efeitos negativos se destacam:

- Imobilização microbiana de nitrogênio;
- Criação de condição anaeróbica no solo;
- Fitotoxicidade.

Esses efeitos podem ocorrer por meio da utilização de materiais que não completaram sua decomposição na compostagem, ou seja, não respeitaram o tempo de maturação. Ocorrem também quando são utilizados materiais oriundos da compostagem mal feita, em geral, muito anaeróbia (devido à falta de aeração adequada ou compactação), que é identificada geralmente por produzir mal cheiro, atrair moscas e gerar lixiviado ácido (chorume).

Portanto, este documento tem como objetivo explicar o conceito de maturação do composto e apresentar alguns procedimentos utilizados para se obter o “Índice de maturidade”, que nada mais é

que uma classificação da qualidade do composto orgânico em função do seu nível de maturação.

Os conceitos aqui expostos derivam da publicação *Test methods for the examination of composting and compost* (Métodos para o exame da compostagem e do composto) (Thompson et al., 2001), referência internacional amplamente utilizada. Estes autores apresentam diversos métodos, mas descrevemos neste documento apenas três metodologias que são empregadas rotineiramente em nossas pesquisas, por demandarem infraestrutura simplificada, e possibilidade de realização em uma grande quantidade de amostras, resultando em reduzidos custos operacionais. Este documento não busca comparar os métodos objetivamente (com comparação de precisão e acurácia), já que todos são igualmente recomendados em Thompson et al. (2001).

Fases da compostagem

A compostagem é uma técnica utilizada para transformar resíduos em adubo ou substrato agrícola de qualidade, ou seja, o composto orgânico. A compostagem é entendida como um processo biológico que depende da atuação de microrganismos e da mesofauna, com começo, meio e fim. Pode-se subdividir a compostagem em quatro fases muito distintas (Figura 1):

- FASE I – Fase inicial ou de aquecimento;
- FASE II – Termofílica, onde ocorrem temperaturas maiores que 55°C devido à grande atividade de microrganismos decompositores;
- FASE III – Mesofílica, quando a temperatura diminui devido ao esgotamento das substâncias que são de mais fácil degradação;
- **FASE IV – Maturação.**

Esta última é a que nos importa aqui.

A fase de maturação é quando o material orgânico **perde a capacidade de autoaquecimento** e se mantém na temperatura ambiente, mesmo após revolvido e disposto na forma de leiras ou pilhas, pois a maior parte das substâncias remanescentes no composto são de difícil degradação, o que limita muito a atividade microbiana.

Do ponto de vista da microbiologia, há a intensificação da presença de actinobactérias e fungos, em geral, decompositores de estruturas orgânicas mais complexas como a hemicelulose e a lignina oriundas dos materiais vegetais.

Nesta fase, se intensifica também a nitrificação, que é a transformação do amônio, acumulado nas fases termófila e mesófila, em nitrito, com a mediação de bactérias oxidadoras de amônio.

O tempo necessário para o composto alcançar a fase de maturação pode durar de semanas a alguns meses, dependendo das condições da compostagem e da quantidade de materiais lignocelulósicos presentes, os quais requerem mais tempo para serem transformados. Alcançar a fase de maturação é importante também para eliminar ácidos orgânicos que possam ter se formado nas fases anteriores, principalmente em compostagens com problemas de aeração.

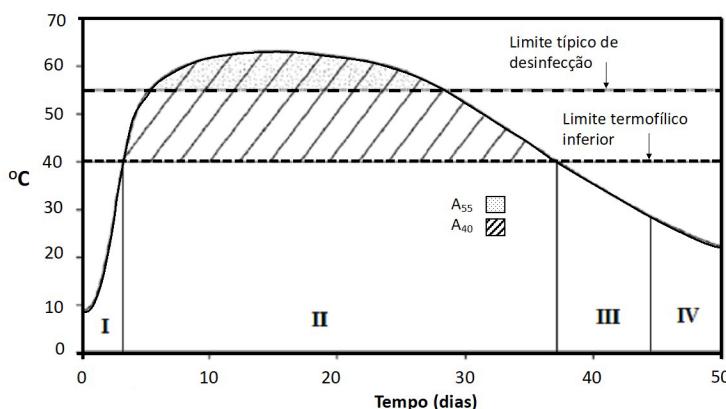


Figura 1. Gráfico com a representação das quatro fases de um processo de compostagem.

Fonte: Adaptado de Manson e Milke, 2005.

Critérios gerais de maturidade do composto

Os critérios utilizados para avaliação da maturidade do composto orgânico são químicos e biológicos, já que o composto é usado como fertilizante e condicionador do solo.

Um dos indicadores mais utilizados para avaliar a transformação do material orgânico durante a compostagem (Figura 2), bem como, a qualidade agronômica de um fertilizante orgânico é a relação carbono/nitrogênio (C/N), (ou seja, a relação entre a quantidade de C e a quantidade de N existente no composto). Quando o valor da relação C/N está acima de 20 é provável que o composto não esteja pronto e, por isso, ainda tenha capacidade de promover a chamada “imobilização de nutrientes” quando aplicado ao solo agrícola, podendo causar deficiência de N nas plantas (Fig. 2).

Apesar de ser um conceito relevante, a relação C/N não é um indicador absoluto para identificar a maturidade de um material oriundo da compostagem. São indicadores auxiliares, mas não menos importantes, o pH e a condutividade elétrica (C.E.) do material. O pH esperado para composto orgânico que atingiu sua maturidade completa é entre 7,0 e 8,5. A C.E. do composto não deve ser superior a 4,0 mS/cm. A determinação do pH e da C.E. é realizado no estrato obtido após agitação de uma amostra de composto diluída com água destilada (1:5 volume/volume).

Mas para avaliar de forma mais precisa a qualidade agronômica de um fertilizante orgânico, é necessário conhecer o seu nível de estabilidade e o potencial fitotóxico, que juntos determinam o “Índice de maturidade” do composto orgânico.

Para compreendermos o que é o Índice de maturidade precisamos primeiro detalhar dois **conceitos**:

- **Fitotoxicidade (maturidade química)**: refere-se ao estágio em que o composto está humificado e pronto para ser usado como fertilizante, apresentando uma aparência homogênea,

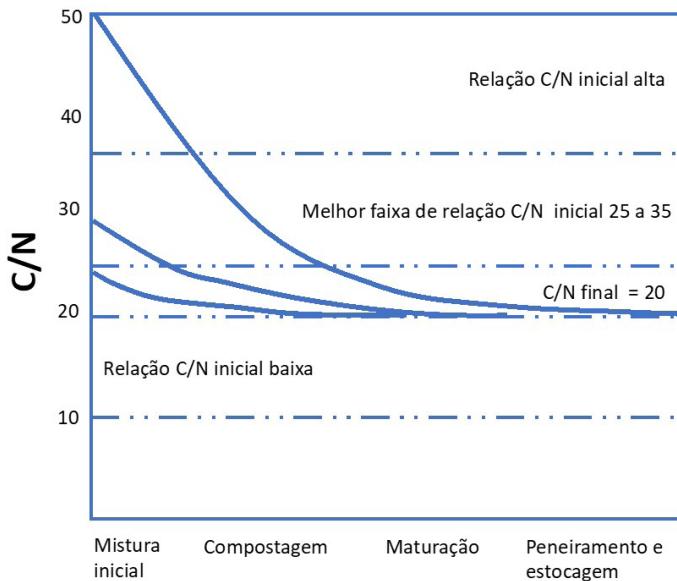


Figura 2. Faixas de relação carbono e nitrogênio (C/N) esperadas para as fases da compostagem¹.

Fonte: Adaptado de Thompson et al. (2001).

¹ **Nota:** Originalmente o gráfico em Thompson et al. (2001) aponta que a mistura inicial apresente uma faixa ampla de relação C/N ideal entre 25 a 40. Acima deste limite a compostagem muito provavelmente ocorrerá mais lentamente, principalmente a fase de maturação, já que a elevada relação C/N está relacionada a materiais lignocelulósicos de lenta biodegradação. Por outro lado, relação C/N abaixo de 20 indicaria, em geral, misturas mais densas (ausência de materiais estruturantes e lignocelulósicos) e/ou muito suscetíveis às perdas de nitrogênio por volatilização de amônia. Adicionalmente, a relação C/N ao redor de 32-35 pode ser indicada para que as perdas de nitrogênio não sejam muito grandes. Assim, a faixa “ideal” foi modificada nesta versão do gráfico para 25 a 35 à luz das recomendações atualizadas, apesar da biodegradabilidade do material rico em carbono ser fator determinante (Matsumura et al., 2010; Zeshan, O. P. K.; Visvanathan, 2012). Ao final da compostagem deseja-se um produto com relação C/N igual ou menor que 20, patamar a partir do qual o composto tem maior capacidade de liberar nitrogênio no solo e, por isso, um baixo risco de estimular a imobilização microbiana deste nutriente. A relação C/N menor ou igual a 20 também é requisito da IN nº 61 do Ministério da Agricultura para fertilizantes orgânicos compostos (Brasil, 2020).

cheiro agradável, com nutrientes disponíveis para as plantas e ausência de substâncias fitotóxicas, como amônia e ácidos orgânicos.

- **Estabilidade:** é quando um composto não apresenta atividade microbiológica intensa, pois a maior parte das substâncias de fácil degradação já sofreu decomposição. Isso é importante porque um material instável pode continuar a gerar calor e, quando aplicado ao solo, pode promover elevado consumo de oxigênio, criando condições anaeróbicas que são muito prejudiciais ao crescimento das plantas. Além disso, a falta de estabilidade pode promover a imobilização biológica de nitrogênio que resulta na falta deste elemento para as plantas (deficiência de nitrogênio).

Em resumo, a maturidade indica que o composto está pronto para uso, enquanto a estabilidade indica que ele não vai continuar a se decompor e causar problemas às plantas cultivadas. Ambos são essenciais em um composto de qualidade.

O **Índice de maturidade** se alicerça nesses dois conceitos para classificar o composto como maduro.

O Índice de maturidade

Para se determinar o Índice de maturidade deve-se seguir a chave abaixo e realizar os procedimentos indicados, sendo estes:

- Análise da estabilidade biológica: Teste de respirometria.
- Análise da maturidade química (potencial fitotóxico): Teste de germinação in-vitro (IG) e/ou teste de vigor relativo (VR).

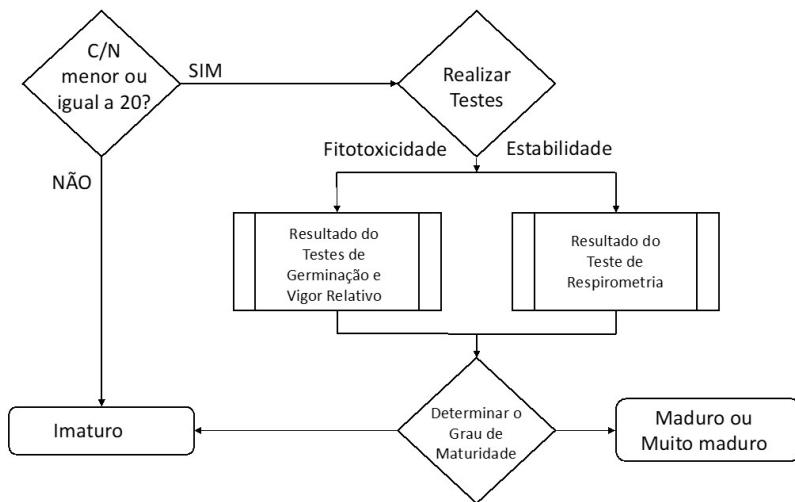


Figura 3. Chave de decisão para determinação do grau de maturidade do composto orgânico².

² **Nota:** O primeiro critério, relação C/N menor ou igual a 20, se ajusta aos requisitos da Instrução Normativa nº 61 do Ministério da Agricultura para fertilizantes orgânicos compostos, subseção IV Dos Teores Mínimos de Nutrientes e Outras Garantias e Exigências (Brasil, 2020).

Indicador de estabilidade

Vários métodos podem ser utilizados para a determinação da estabilidade, sendo que Thompson et al. (2001) citam cinco métodos, bastando selecionar pelo menos um método para a classificação de estabilidade. Um método frequentemente empregado rotineiramente em monitoramentos é o de emissão de dióxido de carbono (CO_2), também conhecido como respirometria.

Este teste de respirometria está minuciosamente descrito em Leal (2020), que também apresenta resultados obtidos em atividades

Tabela 1. Limites para interpretação dos resultados do teste de respirometria.

Indicador de estabilidade	Muito Estável	Estável	Instável
Teste de respirometria (mg CO ₂ -C / g MS / dia)	< 2	2 – 4	< 80

MS – matéria seca.

de P&D realizadas na Embrapa. Ele se baseia na quantificação da emissão de CO₂ resultante da atividade biológica decompositora nas amostras analisadas. Quanto menor for a emissão de CO₂, maior será a estabilidade do material, com a Tabela 1 apresentando os limites adotados por Thompson et al. (2001) e outros autores.

O teste descrito por Leal (2020) também permite a quantificação de volatilização de amônia. Porém, não há limite preestabelecido de volatilização de amônia para avaliar o composto, sendo esta medida apenas comparativa entre diferentes materiais, por exemplo, um composto conhecido e maduro e a amostra nova de composto que se deseja avaliar.

Indicador de fitotoxicidade

O procedimento para determinação da maturidade descrito por Thompson et al. (2001) também utiliza um indicador de fitotoxicidade. Dentre os indicadores apresentados por estes autores estão a quantificação de amônia e de ácidos orgânicos voláteis, a relação nitrato / amônia e testes biológicos, que englobam o teste de germinação in-vitro (IG), o teste de emergência e vigor relativo (VR) e bioensaios com minhocas (BM). Os dois primeiros métodos são recomendáveis devido à facilidade de sua execução e por proporcionarem resultados com repetibilidade, acurácia, precisão e exatidão satisfatórios (Thompson et al. 2001).

Tabela 2. Limites para interpretação dos resultados do teste de germinação (IG) e vigor relativo (VR).

Indicador de fitotoxicidade	Muito Bom	Bom	Ruim
Índice de germinação (IG) (% em comparação ao controle)	> 90	80 - 90	< 80
Vigor relativo (VR)* (% em comparação ao controle)	> 95	85 - 95	< 85

* No teste de VR deve-se aplicar a contagem da emergência e contabilizar como IG.

Fonte: Adaptado de Thompson et al. (2001).

O teste de germinação in-vitro (IG) se resume à germinação de sementes de pepino em placas de Petri em um período de 3 a 5 dias. É um indicador do potencial fitotóxico de substâncias químicas presentes no material sobre a germinação de sementes e sobre o crescimento de mudas. Esse efeito pode ser causado em primeiro lugar por excesso de amônia, mas também pela presença de ácidos orgânicos em teores elevados. Outras substâncias químicas, por ex. resíduos de herbicidas, podem causar o mesmo efeito.

O teste de emergência e vigor relativo (VR) é mais longo (14 dias) e realizado em bandejas de mudas, e deste modo, avalia-se parcialmente a maturidade do composto quanto a liberação ou imobilização de nitrogênio. Os limites adotados por Thompson et al. (2001) estão apresentados na Tabela 2.

Interpretação

A interpretação dos resultados para determinação do Índice ou grau de maturidade é feita por cruzamento como explicado nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3. Matriz de classificação do Índice de maturidade do composto cruzando resultados dos testes de potencial fitotóxico e estabilidade biológica.

		Resultado de IG (%) e/ou VR (%) [‡]		
		Muito Bom	Bom	Ruim
Resultado do teste de respirometria [†]	Muito estável	Muito Maturo		
	Estável		Maturo	
	Instável			Imaturo

[†]estabilidade biológica; [‡]potencial fitotóxico.

Fonte: Adaptado de Thompson et al. (2001).

Tabela 4. Significado do Índice ou grau de maturação do composto. (Adaptado de Thompson et al., 2001).

Muito Maduro	Maduro	Imaturo
Composto com boa maturação	Composto com maturação completa	Composto com maturação não completa
Sem decomposição aparente	Provavelmente sem odor	Odor aparente
Sem potencial fitotóxico	Potencial fitotóxico limitado	Alto potencial fitotóxico
Sem potencial de imobilização de nitrogênio do solo	Mínimo impacto de imobilização de nitrogênio do solo	Relevante impacto de imobilização de nitrogênio do solo

Fonte: Adaptado de Thompson et al. (2001).

Os seguintes documentos disponíveis para download detalham com exemplos e dados os métodos para determinação do Índice de maturidade aqui selecionados e relatados: (i) o Documento 316, *Método de avaliação da estabilidade de materiais orgânicos por meio de emissões potenciais de CO₂ e de NH₃* (Leal, 2020); e (ii) Comunicado Técnico 154, *Testes de germinação e vigor para avaliar a maturidade de composto orgânico* (Inácio et al., 2025).

Considerações finais

A determinação do Índice de maturidade é um procedimento relativamente simples, que demanda uma estrutura laboratorial igualmente simples, que pode e deve ser adotado pelas empresas que produzem composto orgânico e profissionais da área das ciências agrárias quando da assessoria às empresas e produtores rurais. Conhecer e entender os conceitos de maturidade e estabilidade do composto orgânico é essencial para evitar o uso inadequado do produto, com efeitos negativos aos plantios e produção de mudas. Neste documento foram selecionados dois métodos considerados relativamente simples e de baixo custo.

Referências

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 61, de 8 de julho de 2020. Estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações, tolerâncias, registro, garantias, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados à agricultura. **Diário Oficial da União**, 15 jul. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-61-de-8-7-2020-organicos-e-biofertilizantes-dou-15-7-20.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2024.

INÁCIO, C. T.; LEAL, M. A. A.; LOPES, G. F. A.; REIS, F.; HESS, J. D. **Testes de germinação e vigor para avaliar a maturidade de composto orgânico.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2025. 46 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado técnico, 154).

LEAL, M. A. A. **Método de avaliação da estabilidade de materiais orgânicos por meio de emissões potenciais de CO₂ e de NH₃.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2020. 46 p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 316).

MANSON, I. G.; MILKE, M. W. Physical modeling of the composting environment: A review. Part: Reactor systems. **Waste Management**, v. 25, n. 5, p. 481-500, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2005.01.015>.

MATSUMURA, H.; SASAKI, M.; KATO, S.; NAKASAKI, K. Unusual effects of triacylglycerol on the reduction of ammonia gas emission during thermophilic composting. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 7, p. 2300-2305, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.11.006>.

THOMPSON, W. H.; LEEGE, P. B.; MILLNER, P. D.; WILSON, M. E. **Test methods for the examination of composting and compost.** Raleigh: The United States Composting Council, 2001.

ZESHAN. K. O. P.; VISVANATHAN, C. Effect of C/N ratio and ammonia-N accumulation in a pilot-scale thermophilic dry anaerobic digester. **Bioresource Technology**, v. 113, p. 294-302, June 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.02.028>.



CGPE 19352