



## INOCULAÇÃO DE MICRORGANISMOS COMO ACELERADORES NO PROCESSO DE COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS AGROINDUSTRIAIS

Karina Alves Máximo<sup>(1)</sup>, Carlos Fernando Lemos<sup>(2)</sup>, Hygor Aristides Victor Rossoni<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>Mestre em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental – IFMG – *Campus Bambuí*. <sup>(2)</sup> Professor orientador IFMG - *Campus Bambuí* e UFV – *Campus Florestal*. <sup>(3)</sup>Professor IFMG – *Campus Bambuí* e UFV – *Campus Florestal*.

### RESUMO

O presente estudo teve como objetivo produzir um inóculo de microrganismos e avaliar a sua eficiência na aceleração do processo de compostagem de resíduos sólidos orgânicos agroindustriais. O trabalho foi desenvolvido na usina de compostagem Biocomp situada no município de Papagaios, MG, no período de fevereiro a agosto de 2017. O inóculo de microrganismos foi preparado com base no método de captura de microrganismos eficazes (EM), utilizando como substrato arroz cozido deixado na mata por 10 dias e como meio de cultivo melão de cana-de-açúcar em pó e fertilizante orgânico. Para montagem das leiras utilizou-se 2 tratamentos com 5 repetições, sendo o tratamento A sem adição do inóculo de microrganismos e o tratamento B com adição do inóculo de microrganismos. Durante a compostagem monitorou-se: temperatura, umidade, pH, condutividade elétrica, nitrogênio total, carbono orgânico total e relação C/N. Para confirmar a ausência de fitotoxicidade dos compostos orgânicos foram realizados testes de germinação com *Lactuca sativa*. Os dados coletados foram submetidos a testes estatísticos não-paramétricos que permitiram comparar os valores medianos dos tratamentos ao nível de 5% de significância. Uma regressão linear multivariada com erros padrões robustos foi utilizada para verificar o efeito dos dias de compostagem e do tipo de tratamento sobre a temperatura. Concluiu-se que o inóculo de microrganismos promoveu uma maior atividade biológica, e por consequência uma aceleração do processo de degradação bioquímica com redução mais rápida da temperatura, produzindo composto orgânico com qualidades similares ao tratamento sem adição de inóculo de microrganismos com 46% a menos de tempo.

**Palavras-chave:** Compostagem. Inoculação de microrganismos. Microrganismos eficazes.

### 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, a agricultura moderna tem dependido cada vez mais de fertilizantes minerais para atender às demandas de nutrientes das plantas (FAO, 2018). A deterioração da fertilidade do solo está diretamente relacionada com a perda de matéria orgânica e degradação física causadas pelo desmatamento e intensificação de atividades agrícolas sem a utilização de práticas de manejo sustentável (HERNANI; KURIHARA; SILVA, 1999; DIACONO; MONTERMURRO, 2010).



As projeções apontam que a população global deverá ultrapassar 9 bilhões até 2050, aumentando a demanda por alimentos e a pressão sobre o solo e outros recursos naturais, o que coloca em risco a sustentabilidade a longo prazo do setor agrícola e a segurança alimentar global (FAO, 2015).

O Brasil é apontado como um dos países com maior potencial de produção agrícola do mundo, podendo contribuir significativamente com o aumento da oferta de alimentos (FAO, 2011). Porém, é o quarto maior consumidor mundial de fertilizantes minerais, sendo muito dependente de importações. Em 2017 foram importadas mais de 26 mil toneladas o que correspondeu a cerca de 76% do total de fertilizante mineral utilizado no país (CONAB, 2018).

Ao mesmo tempo, o setor agroindustrial gera quantidades significativas de resíduos sólidos orgânicos, tais como cascas, bagaços e palhas agrícolas, esterco bovinos, suínos e de aviário, lodos de estações de tratamento de efluentes, dentre vários outros. Estima-se que as agroindústrias associadas as principais culturas brasileiras e à pecuária geram mais de 291 milhões e 1,7 bilhões de toneladas de resíduos sólidos orgânicos por ano, respectivamente (SCHNEIDER, *et al.*, 2012). Sem contar nos resíduos sólidos orgânicos urbanos que correspondem em mais de 94 mil toneladas por dia (BRASIL, 2012).

Diante desse cenário, a compostagem surge como uma estratégia interessante para o tratamento e aproveitamento da matéria orgânica e nutrientes destes resíduos, pois permite transformá-los em composto orgânico que pode complementar a utilização dos fertilizantes minerais, reduzindo a dependência de insumos importados para fertilização das culturas e os custos de produção, e melhorando as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo.

A compostagem é uma tecnologia que permite o processamento integrado de vários resíduos orgânicos, sendo um processo controlado de degradação, mineralização e humificação dos resíduos orgânicos, cujo produto final é o composto orgânico, que apresenta coloração escura e cheiro agradável de terra. No entanto, dentre as principais limitações do processo, está o tempo gasto para se obter um composto orgânico que possa ser aplicado no solo de forma segura e que não prejudique as plantas (KIEHL, 2001; PEREIRA NETO, 2007; BELLAVER; KONZEN, 2013).

De acordo com a literatura clássica da área, este requisito é atendido com um tempo médio de 90 a 120 dias (KIEHL, 1985), podendo chegar a 180 dias (JIMÉNEZ; GARCIA, 1988), o que depende muito da matéria prima utilizada (SILVA *et al.*, 2009) e do controle dos principais fatores intervenientes do processo, nomeadamente umidade, aeração e relação C/N (MATOS, 2014; PEREIRA NETO; LELIS, 1999; GUO *et al.*, 2012).



Muitas usinas tentando acelerar o processo de compostagem negligenciam a etapa de maturação, o que resulta em compostos imaturos e mal estabilizados que podem apresentar efeitos negativos associados à inibição da germinação de sementes e crescimento das plantas (TIQUIA; TAM, 1998; CUNHA-QUEDA, 2010).

Assim, há necessidade de inovação dos processos de compostagem para produção de composto orgânico em menor tempo, otimizando o processo, reduzindo os requisitos de área e os custos de produção, mas que igualmente produza um composto que possa ser aplicado de forma segura no solo.

Algumas pesquisas demonstraram que a inoculação de microrganismos denominados “Microrganismos Eficazes” do inglês *Effective microorganisms* (EM), pode aumentar a degradação de resíduos reduzindo o tempo de compostagem (GREGÓRIO *et al.*, 2004; OLIVEIRA; LIMA; ALBERTI, 2013; SHARMA *et al.*, 2014; PAREDES FILHO; FLORENTINO, 2016).

Os EM são microrganismos benéficos encontrados naturalmente no solo que coexistem em um meio líquido, sendo este formado principalmente por: actinomicetos, leveduras, bactérias produtoras de ácido láctico e fotossintéticas. Entretanto, não existe uma definição clara de quais são os microrganismos que compõem o EM, pois isso depende muito do ecossistema e das condições ambientais em que foram capturados e da forma como foram inoculados (HIGA; WIDIDANA, 1991).

Uma vez que o EM pode ser útil para intensificar o processo de degradação bioquímica, o presente estudo teve como objetivo produzir um inóculo de microrganismos e avaliar a sua eficiência na compostagem de resíduos sólidos orgânicos de geração relevante nas agroindústrias, mas pouco estudados, como lodo dos sistemas de tratamento de efluentes de laticínio, indústria de chips de batata e milho e indústria de cerveja, resíduo ruminal bovino e película prateada do café. Para verificar a maturidade do composto foram monitorados os parâmetros físico-químicos: temperatura, umidade, pH, condutividade elétrica, nitrogênio total, carbono orgânico total e relação C/N, e biológico: testes de germinação com alface mimosa (*Lactuca sativa*).

Cabe destacar que o teste de germinação é realizado com extrato aquoso do composto orgânico, sendo um método rápido, simples e econômico que tem sido muito utilizado para confirmar a maturidade do composto e a presença de substâncias fitotóxicas, garantindo uma aplicação segura no solo independentemente do tempo de compostagem, pois avalia o efeito agudo do composto sobre as plantas (HELFRICH *et al.*, 1998; TIQUIA, 2010).



## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização do local do experimento

O presente trabalho foi desenvolvido na usina de compostagem Biocomp Soluções Ambientais Ltda, situada na Fazenda Estribeira, no município de Papagaios, região Centro-oeste de Minas Gerais, coordenadas geográficas de latitude Y -19.442562° e de longitude X -44.724914°, no período de fevereiro a agosto de 2017.

O bioma da região é classificado por Cerrado, o solo por Latossolo Vermelho Distrófico e o índice de umidade por B1 – úmido (IDE-SISEMA, 2018), onde a precipitação pluvial total média anual é em torno de 1.500 mm e a temperatura média anual oscila entre 18 a 23°C (SCOLFORO; CARVALHO; OLIVEIRA, 2008).

### 2.2 Captura dos microrganismos e preparação e caracterização do inóculo

Para captura dos microrganismos utilizou-se o método descrito por Bonfim *et al.* (2011). Como substrato foi utilizado 3 Kg de arroz cozido em água sem sal. O arroz foi colocado em uma bandeja de plástico e deixado por 10 dias debaixo da serapilheira de uma mata situada a uma distância de aproximadamente 400 metros da usina de compostagem, de coordenadas geográficas de latitude Y – 19.44333° e de longitude X – 44.72851. Após os 10 dias foi possível perceber mudanças na coloração do arroz indicando a presença de microrganismos decompositores (Figura 1). Em seguida, o arroz contendo os microrganismos capturados foi processado em liquidificador com 1 litro de água sem cloro e transferido para um reator aeróbio. O reator foi montado utilizando uma caixa d'água de polietileno com capacidade de 3.000 litros e instalado um sistema de recirculação, composto de uma bomba com pré-filtro para piscina modelo PF-17, marca Weg e tubulação PVC ¾, de modo que o inóculo de microrganismos fosse recirculado constantemente no sistema, mantendo a homogeneização e aeração do líquido (Figura 2).

Como meio de cultivo para os microrganismos foi utilizado melaço de cana-de-açúcar em pó, por este conter grande quantidade de açúcares fermentescíveis, constituindo-se uma boa fonte de carbono e nutrientes importantes para o metabolismo celular como nitrogênio, fosfato, cálcio, magnésio, zinco, manganês, cobre e ferro (CAZETTA; CELLIGOI, 2005) e fertilizante

orgânico foliar fluido, classe A da marca comercial JK, constituído por 20% de carbono orgânico, 1,0% de nitrogênio e 1,0% de cálcio.



Figura 1 – Arroz contendo os microrganismos capturados



Figura 2 – Reator aeróbio com o inóculo de microrganismos

Foram introduzidos 2 Kg de melação de cana-de-açúcar em pó a cada 2 dias durante 40 dias, totalizando 80 Kg de melação e 5 litros do fertilizante orgânico, considerando o tempo de aclimação de 40 dias. Após esse período, ocorreu a manutenção do reator, acrescentando-se uma vez por mês 3 kg de arroz com os microrganismos capturados e 5 litros do fertilizante orgânico. Além disso, duas vezes por semana eram acrescentados 2kg de melação de cana-de-açúcar em pó, sendo completado ou repostado o volume de água sempre que necessário.

Após os 40 dias de aclimação, foram coletadas amostras do inóculo de microrganismos para caracterização físico-química e microbiológica, apresentando os resultados demonstrados na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização físico-química do inóculo de microrganismos

Parâmetro	Método	Resultado
pH	APHA 4500-H <sup>+</sup> B	7,09
Nitrogênio Total (mg/l)	APHA 4500-NH <sub>3</sub> D	24
Fósforo Total (mg/l)	APHA 4500-P E	42,6
DQO (mg/l)	APHA 5220 D	9240
SST (mg/l)	APHA 2540 D	4200
Bolores (UFC/ml)	Ágar DRBC a 25°C por 5 dias	14 x 10 <sup>3</sup>
Leveduras (UFC/ml)	Ágar DRBC a 25°C por 5 dias	588 x 10 <sup>3</sup>
Bactérias totais (UFC/ml)	Ágar PCA a 35°C por 48 horas	Incontável*
Coliformes totais (UFC/ml)	Ágar VRB a 32°C por 24 horas	294 x 10 <sup>3</sup>



**Nota:** \* Mesmo com a diluição a  $10^{-4}$  não foi possível realizar a contagem de bactérias totais devido à grande quantidade.

### **2.3 Montagem das leiras de compostagem**

Foram montadas 10 leiras de compostagem, cada uma com aproximadamente 20 metros de extensão, 1,2 metros de altura, 1,0 metro de base e 40 toneladas de resíduos, sendo 12 toneladas de lodo de Estação de Tratamento de Efluentes - ETE de indústria de cerveja, 12 toneladas de lodo de ETE das indústrias de chips de batata e milho e laticínio, 8 toneladas de resíduo ruminal bovino e 8 toneladas de película prateada de café. A relação C/N inicial foi de 19 e a umidade 66,8%. Foram utilizados 2 tratamentos com 5 repetições, sendo o tratamento A sem adição de inóculo de microrganismos e o tratamento B com adição de inóculo de microrganismos.

### **2.4 Manejo e monitoramento do processo de compostagem**

O método de compostagem utilizado foi o sistema de leiras revolvidas (*windrow*). O revolvimento ocorreu através de revolvedor de leiras da marca ECO Renova -2,5, duas vezes por semana, durante os primeiros 30 dias considerados mais críticos em termos de demanda de oxigênio (MATOS, 2014) e após este período a frequência foi de uma vez por semana.

Para aplicação do inóculo de microrganismos nas leiras do tratamento B, foi utilizado um tambor adaptado com uma mangueira no revolvedor de leiras, de modo que a aplicação fosse homogênea em toda a extensão e profundidade das leiras, sendo aplicado 15 litros do inóculo puro duas vezes por semana por 30 dias durante a operação de revolvimento.

Para acompanhamento do processo de compostagem, uma vez por semana foi realizado o monitoramento da temperatura por meio de termômetro digital por infravermelho da marca Caution, que era introduzido na parte central da leira a uma profundidade de cerca de 50 cm, e o “teste da mão”, um método empírico muito utilizado para avaliar a umidade do composto (EMBRAPA, 2009). Sempre que necessário era realizada a correção da umidade das leiras, por meio da distribuição uniforme de água com a utilização de caminhão pipa.

Durante a compostagem foram realizadas coletas nas leiras para a determinação de umidade, pH, condutividade, carbono orgânico total e nitrogênio total, sendo realizadas nas duas extremidades e no meio de cada leira e em seguida homogeneizadas para compor uma amostra única e representativa de cada leira conforme NBR ABNT 10007 (2004).



As coletas ocorreram durante a fase de degradação ativa, maturação e ao final do processo quando o composto foi considerado pronto devido a estabilização da temperatura das leiras, observação das características do composto por meio do “teste da mão” e experiência prática dos operadores da usina de compostagem. Assim, nas leiras do tratamento A foram coletadas amostras aos 5, 30, 65 e 120 dias, quando estas foram consideradas prontas. E nas leiras do tratamento B foram coletadas amostras aos 5, 30 e 65 dias, quando estas foram consideradas prontas.

As análises físicas e químicas foram realizadas no Laboratório de Solos da Universidade Federal de Viçosa *Campus Florestal*, conforme Embrapa (1997). A umidade foi determinada em estufa a 105-110°C. O pH foi determinado por meio de eletrodo combinado imerso em suspensão solo: água na proporção 1:25; a condutividade elétrica foi determinada através de condutivímetro por leitura direta imerso em suspensão solo: água na proporção 1:25; o nitrogênio total foi determinado pelo método Kjeldahl por destilação; o carbono orgânico total foi determinado por via úmida com dicromato de potássio em meio sulfúrico.

## 2.5 Teste de Germinação

Para confirmar a ausência de fitotoxicidade dos compostos orgânicos foram realizados testes de germinação com alface mimosa (*Lactuca sativa*). O teste de germinação foi conduzido nos Laboratórios de Solos e Sementes da Universidade Federal de Viçosa, *Campus Florestal*.

A execução experimental do teste consistiu em avaliar a germinação de sementes de alface mimosa (*Lactuca sativa*) em extratos aquosos das amostras de compostos orgânicos. O método utilizado foi adaptado de Tiquia (2010). Os extratos aquosos utilizados nos testes de germinação foram preparados na proporção de 1:10 (p/v) adicionando-se 5 gramas das amostras em 50 ml de água destilada. As suspensões foram agitadas a 200 rpm em incubadora (Shaker) por 1 hora à temperatura ambiente. Posteriormente foram centrifugadas a 3000 rpm por 10 minutos. As frações líquidas obtidas após centrifugação foram filtradas em papel filtro qualitativo de 9 cm de diâmetro, gramatura de 80g/cm<sup>2</sup> e porosidade de 3 micras.

Para o teste de germinação, foi colocado um papel filtro qualitativo em cada placa de Petri usado como substrato e umedecido com 5 ml do extrato aquoso. Como controle (testemunha) utilizou-se o mesmo volume de água destilada. Em cada placa de Petri foram distribuídas 10 sementes de *Lactuca sativa*. As placas foram incubadas em estufa *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) a 20°C ± 2 na ausência de luz por 48 horas.

Após as 48 horas, registrou-se o número de sementes germinadas (NSG) em cada placa de Petri e efetuou-se a medição do comprimento das raízes das sementes germinadas (LR) com auxílio de um paquímetro (Figura 3).

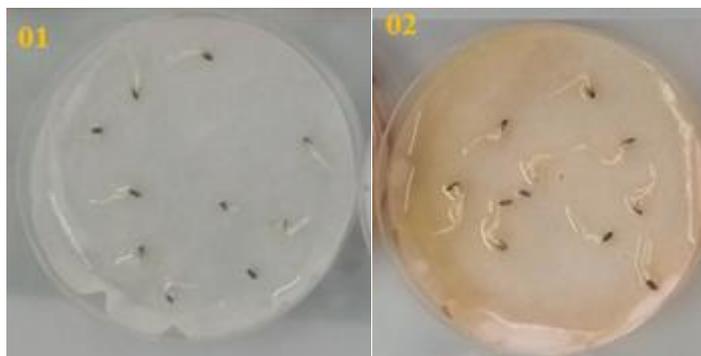


Figura 3 - Teste de germinação com *lactuca sativa* após 48 horas de incubação

Onde: 01: Réplicas dos controles (branco) com água destilada; 02: Réplicas dos extratos aquosos de composto orgânico

As sementes consideradas germinadas foram aquelas que apresentarem raiz primária  $\geq 5\text{mm}$  (TIQUIA, 2010). Esses dados permitiram calcular a porcentagem relativa de germinação – RSG, a porcentagem relativa do comprimento das raízes – RRG e o índice de germinação – GI, conforme abaixo:

$$RSG (\%) = \frac{NSG_{\text{extrato aquoso}}}{NSG_{\text{controle}}} \times 100 \quad RRG (\%) = \frac{Média LR_{\text{extrato aquoso}}}{Média LR_{\text{controle}}} \times 100 \quad GI = \frac{RSG \times RRG}{100}$$

Onde: RSG = Porcentagem relativa de germinação; RSG = Porcentagem relativa do comprimento das raízes; LR = Comprimento das raízes; NSG = Número de sementes germinadas  $\geq 5\text{mm}$ ; GI = Índice de Germinação.

Fonte: Adaptado de Tiquia (2010).

## 2.6 Estratégias e procedimentos estatísticos

Para descrever as variáveis quantitativas do estudo foram utilizadas medidas de tendência central, dispersão e posição.

Para verificar o efeito dos dias de compostagem e do tipo de tratamento sobre a temperatura de forma multivariada foi utilizada uma regressão linear com erros padrões robustos para a matriz de covariância dos coeficientes estimados (WHITE, 1980).



A verificação da distribuição de normalidade dos dados foi realizada por meio do teste de Shapiro Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965), confirmando que os dados não atenderam aos pressupostos da distribuição normal (WHITE, 1980).

Para comparar as variáveis quantitativas do estudo entre os tratamentos e os dias de compostagem foram utilizados os testes U de Mann-Whitney e de Kruskal-Wallis (HOLLANDER; WOLFE; CHICKEN, 2013), que é uma generalização do teste U de Mann-Whitney para quando se tem mais que dois grupos.

Os testes não-paramétricos realizados neste estudo permitiram avaliar os resultados dos dois tratamentos, comparando os seus valores medianos, utilizando  $\alpha = 0,05$ . A realização desta análise permite obter um valor de  $p$  para um nível de significância pretendido,  $\alpha$ . Neste trabalho considerou-se um nível de confiança de 95% ( $\alpha=0,05$ ). O software utilizado nas análises dos dados foi o R (versão 3.5.0).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Temperatura

A evolução da temperatura na compostagem é reflexo da atividade metabólica dos microrganismos, e por isso é considerada o fator mais indicativo do equilíbrio biológico e da eficiência do processo (KIEHL, 1985). Na Figura 4 é apresentado o comportamento da temperatura no interior das leiras dos dois tratamentos ao longo do processo de compostagem, onde observa-se que ambos os tratamentos apresentaram comportamentos semelhantes ao relatado por Kiehl (1985), Kiehl (2001) e Pereira Neto (2007), onde na fase de degradação ativa predominam temperaturas termófilas, na fase de maturação predominam temperaturas mesófilas e quando ocorre a completa cura do composto a temperatura se estabiliza a valores próximos à temperatura ambiente.

Entretanto observa-se que o tratamento B apresentou temperaturas mais elevadas em quase todos os dias de compostagem (Figura 4). Resultados semelhantes foram encontrados por Van Fan *et al.* (2018), onde o tratamento com inóculo de microrganismos mostrou uma melhor capacidade de elevar a massa de resíduos a temperaturas termófilas ( $>45^{\circ}\text{C}$ ) e manteve a temperatura ligeiramente maior durante a fase de degradação ativa quando comparado com o tratamento sem o inóculo de microrganismos.

Ao final da fase de degradação ativa, após os 50 dias de compostagem ocorreu o resfriamento, caracterizado por temperaturas mesófilas, entre 30 a  $45^{\circ}\text{C}$ , indicando o início da

fase de maturação nos dois tratamentos (PEREIRA NETO, 2007). Quando a temperatura baixar ainda mais, mantendo-se próxima ou igual à ambiente significa que foi atingida a cura completa do composto, estando a matéria orgânica humificada (KIEHL, 1985). As leiras do tratamento B atingiram temperatura ambiente aos 65 dias, enquanto as leiras do tratamento A, atingiram temperatura ambiente aos 98 dias mantendo-se constante até os 120 dias (Figura 4).

De acordo com Kiehl (1985), pode-se estabelecer uma correlação entre a temperatura do processo de compostagem e o grau de decomposição, quando tudo correr normalmente, isto é, se a temperatura não baixar por falta de água ou por encharcamento, pode-se considerar que após a fase termófila o composto esteja semicurado ou bio-estabilizado e, após a fase mesófila, esteja completamente curado ou humificado.

Considerando a correlação da temperatura com o grau de decomposição, pode-se supor que as leiras do tratamento B completaram a fase de maturação aos 65 dias de compostagem, quando a temperatura manteve-se próxima a ambiente.

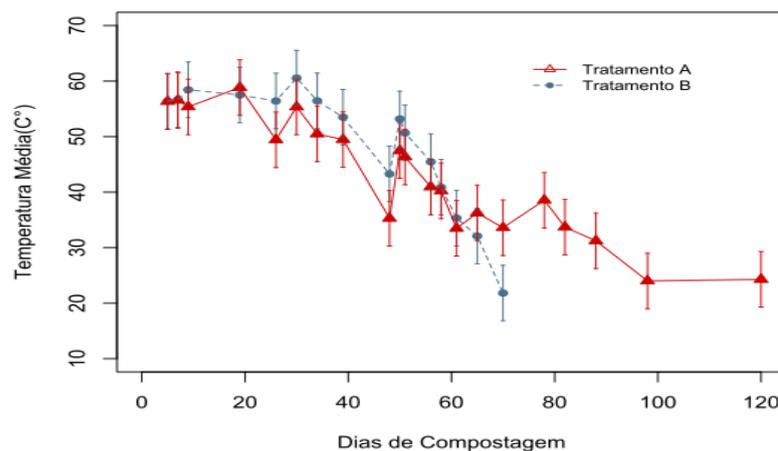


Figura 4 – Comportamento da temperatura ao longo do processo de compostagem

**Nota:** Corresponde às cinco repetições de cada tratamento.

Ainda na Figura 4 observa-se alguns decaimentos de temperatura registrados aos 26 e 48 dias de compostagem, que foram associados às chuvas ocorridos nos dias anteriores, entretanto sendo menos intenso no tratamento B, fornecendo evidências de que a adição do inóculo de microrganismos pode ter proporcionado maior equilíbrio biológico tornando o tratamento B mais resistente a efeitos externos do que o tratamento A.

Já o resfriamento registrado aos 61 dias de compostagem foi associado à baixa umidade (indicado pelo “teste da mão”), o que foi corrigido através de rega com água no mesmo dia. Entretanto, nota-se que as leiras do tratamento A voltaram a se aquecer, enquanto que as leiras



do tratamento B diminuíram ainda mais a temperatura, levando a compreensão de que as leiras do tratamento B haviam completado a fase de maturação, pois não voltaram a se aquecer, enquanto que as leiras do tratamento A não haviam completado a fase de maturação, pois voltaram a se aquecer.

Para confirmar a hipótese de que a inoculação de microrganismos possa ter acelerado o processo de degradação bioquímica das leiras do tratamento B, foi realizada uma análise multivariada para as variáveis dias de compostagem e tratamento, e a interação dias de compostagem versus tratamento que exerceram influência sobre a temperatura, onde o grupo de referência, foi o tratamento A, sem adição de inóculo de microrganismos.

Os dados da análise multivariada são apresentados na Tabela 2, onde pode-se destacar que houve influência significativa (valor-p = 0,000) do tratamento sobre a temperatura, sendo que no tratamento A, a cada dia de compostagem que se aumenta espera-se uma redução média de -0,33 graus na temperatura. Já no tratamento B, a cada dia de compostagem que se aumenta, espera-se uma redução média de -0,43 graus na temperatura. As variáveis dias de compostagem, tratamento e a interação dos dias de compostagem versus tratamento conseguiram explicar 65,3% da variabilidade da temperatura.

Tabela 2 – Análise multivariada das variáveis que exerceram influência sobre a temperatura

Variáveis	B	E.P.	I.C. - 95%	Valor- p
Intercepto	59,81	0,93	[57,98; 61,64]	0,000
Dias de compostagem	-0,33	0,02	[-0,36; -0,30]	0,000
Tratamento B	5,81	1,77	[2,33; 9,28]	0,001
Dias de compostagem x tratamento B	-0,10	0,05	[-0,19; -0,01]	0,026
R <sup>2</sup>			65,30%	

**Notas:**  $\beta$  é o coeficiente Beta, E.P. é o erro padrão, I.C. é o intervalo de confiança e R<sup>2</sup> é o coeficiente de determinação.

Na Figura 5 pode-se observar que a temperatura do tratamento B é superior ao tratamento A, o que é um indicativo de uma maior atividade microbiológica, representando ao final uma aceleração do processo de degradação bioquímica com redução mais rápida da temperatura.

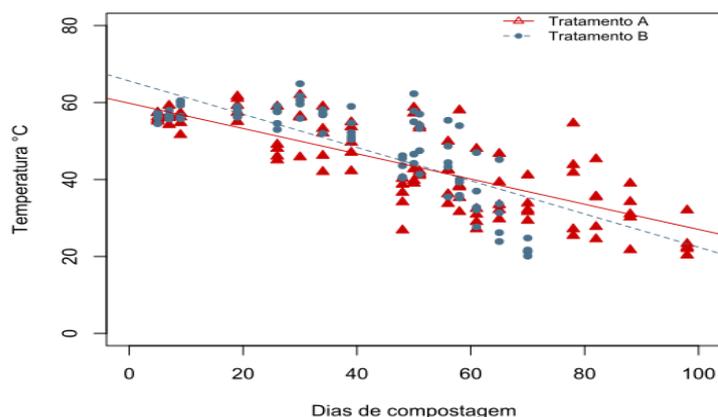


Figura 5 – Modelo das variáveis que exerceram influência na temperatura

**Nota:** Corresponde às cinco repetições de cada tratamento.

### 3.2 Comparação dos resultados físicos e químicos entre os tratamentos

Na Tabela 3 são apresentadas as comparações das variáveis: nitrogênio total (%), umidade (%), carbono orgânico total (%), pH, condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) e relação C/N entre os tratamentos. O número de amostras “N” diferiu entre os tratamentos e variáveis, devido ao tratamento A ter se prolongado até os 120 dias, enquanto o tratamento B terminou o processo de compostagem aos 65 dias. Para as variáveis de nitrogênio total, umidade e carbono orgânico total, foram realizadas 3 repetições das análises, já para pH e condutividade elétrica não houve repetição.

A distribuição dos dados não atendeu aos pressupostos da distribuição normal (valores-p para o teste de Shapiro Wilk, respectivamente: 0,095; 0,004; 0,014; 0,066; <0,001; <0,001). Dessa forma, recorreu-se aos métodos estatísticos não-paramétricos de comparações de medianas, U de Mann-Whitney e Kruskal-Wallis.

Pode-se observar na Tabela 3 que apesar da diferença significativa do pH (valor-p=0,027) entre os tratamentos, não houve diferença significativa para os demais parâmetros. Tal fato, fornece evidências de que o tratamento B, com adição de inóculo de microrganismos produziu composto orgânico com qualidades similares ao tratamento A, mas com 46% a menos de tempo.

Gregório *et al.*, (2004), demonstraram que os inoculantes microbiológicos favoreceram o processo fermentativo, reduzindo o tempo de compostagem sem comprometimento das características químicas e da qualidade do produto final obtido.

Em relação ao pH, considerando que ambos os tratamentos tiveram a mesma composição de matéria-prima, pode-se supor que a maior atividade biológica no tratamento B



proporcionada pela adição de inóculo de microrganismos, provocou uma reação mais alcalina no meio, o que também foi observado por Nord (2014) para os tratamentos com inóculo de microrganismos. Benites *et al.* (2004) associou o pH elevado com a formação de grupos fenólicos durante o processo de biotransformação da lignina durante a compostagem.

Cabe ressaltar os benefícios de um composto com pH alcalino, pois este funciona como condicionador do solo contribuindo para correção do pH de solos ácidos e aumentando o poder tampão do solo, ou seja, sua capacidade de resistir a uma mudança brusca de pH.

Tabela 3 – Comparação das variáveis quantitativas entre os tratamentos

Variáveis	Trat.	N	Média	E.P	Q1	Q2	Q3	Valor-p <sup>1</sup>
Nitrogênio Total (%)	A	61	1,79	0,03	1,64	1,80	1,94	0,234
	B	46	1,85	0,03	1,75	1,82	1,99	
Umidade (%)	A	61	34,61	1,80	25,20	31,20	44,80	0,617
	B	46	35,60	1,89	25,30	31,75	45,50	
Carbono Orgânico Total (%)	A	31	21,67	0,86	18,41	20,38	24,07	0,113
	B	16	23,86	1,07	21,07	23,65	25,79	
pH	A	20	8,68	0,11	8,35	8,80	8,95	0,027*
	B	15	8,97	0,12	8,90	9,00	9,20	
Condutividade	A	20	1420,15	243,99	387,00	1204,00	2395,00	1,000
	B	15	1685,60	273,08	343,50	2070,00	2470,00	
Relação C/N	A	31	12,07	0,33	11,00	12,00	13,00	0,578
	B	16	12,50	0,47	12,00	12,00	13,00	

**Nota:** N é o número de amostras e corresponde nas observações das 5 repetições de cada tratamento. E.P. é o erro padrão; Q1 é o primeiro quartil; Q2 é o segundo quartil (mediana); Q3 é o terceiro quartil.

<sup>1</sup> representa o valor-p do teste U de Mann-Whitney. \* representa um valor-p significativo (<0,05).

### 3.3 Teste de germinação

Para comparar as variáveis quantitativas relativas ao teste de germinação e verificar se existem diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos, foram utilizados os testes U de Mann-Whitney e Kruskal-Wallis (HOLLANDER; WOLFE; CHICKEN, 2013).

Na Tabela 4 é apresentada a comparação das variáveis do teste de germinação aos 65 dias de compostagem entre os tratamentos A e B e controle. Podendo ser observado que não houve diferença significativa para LR e GI entre os tratamentos, no entanto, houve diferença significativa para NSG (valor-p=0,009), RSG (valor-p=0,002) e RRG (valor-p=0,000) entre os tratamentos.

Na Figura 6 é apresentada a comparação do NSG entre os tratamentos A e B e controle aos 65 dias de compostagem. Apesar de apresentarem diferença significativa (valor-p=0,009),



observa-se que ambos os tratamentos apresentaram medianas idênticas ao controle, sendo 9 sementes germinadas por placa, e que o tratamento B apresentou NSG relativamente maior que o tratamento A e controle.

Tabela 4 – Comparação das variáveis numéricas do teste de germinação entre os tratamentos A e B aos 65 dias de compostagem

Variáveis	Trat.	N	Média	E.P	Q1	Q2	Q3	Valor-P
NSG	A	150	8,27	0,09	7,00	9,00	9,00	0,0091*
	B	150	8,73	0,07	8,00	9,00	9,00	
	Controle	30	8,67	0,09	8,00	9,00	9,00	
LR (cm)	A	150	0,81	0,03	0,70	0,90	1,10	0,127 <sup>1</sup>
	B	150	0,81	0,03	0,70	0,90	1,00	
	Controle	30	0,92	0,07	0,70	1,05	1,20	
RSG (%)	A	150	95,47	1,06	81,00	104,00	104,00	0,0022*
	B	150	100,67	0,80	92,00	104,00	104,00	
RRG (%)	A	150	93,87	0,58	88,00	96,00	99,00	0,0002*
	B	150	87,07	0,86	78,00	84,00	99,00	
GI (%)	A	150	89,20	0,96	79,00	91,00	96,00	0,505 <sup>2</sup>
	B	150	88,20	1,36	73,00	82,00	104,00	

**Nota:** LR é o comprimento médio das raízes; NSG é o número de sementes germinadas; RSG é a porcentagem relativa de germinação; RRG é porcentagem relativa do comprimento das raízes; GI é o índice de germinação; N é o número das amostras; E.P. é o erro padrão; Q1 é o primeiro quartil; Q2 é o segundo quartil (mediana); Q3 é o terceiro quartil. <sup>1</sup> representa o valor-p do Teste de Kruskal-Wallis.

<sup>2</sup> representa o valor-p do teste U de Mann-Whitney. \* representa um valor-p significativo.

Na Figura 7 é apresentada a comparação do LR entre os tratamentos A e B e controle aos 65 dias de compostagem. Podendo observar que os tratamentos e controle foram estatisticamente iguais (valor-p > 0,05). Sendo que os tratamentos A e B apresentaram valores medianos para LR idênticos (0,90 cm), entretanto o controle foi o que apresentou o maior LR.

Na Figura 8 é apresentada a comparação da RSG entre os tratamentos A e B aos 65 dias de compostagem. Podendo observar que ambos os tratamentos apresentaram uma alta porcentagem de germinação, mas o tratamento B apresentou maior RSG que o tratamento A, sendo todos os valores maiores que 80%.

Apesar da RSG entre os tratamentos ser estatisticamente diferente (valor-p < 0,05), os valores medianos foram idênticos e maiores que 100%, o que indica que os compostos produzidos nos tratamentos A e B favoreceram a germinação das sementes em relação ao controle.

Na Figura 9 é apresentada a comparação da RRG entre os tratamentos A e B aos 65 dias de compostagem, podendo observar que a RRG entre os tratamentos foi estatisticamente diferente (valor-p < 0,05) e que os valores medianos foram diferentes sendo que o tratamento A apresentou maior RRG que o tratamento B, com todos os valores maiores que 80%.

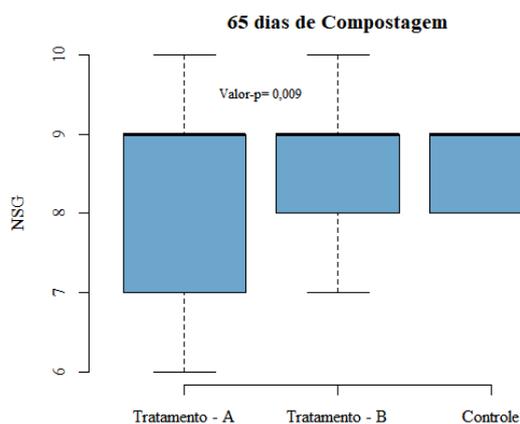


Figura 6 – Comparação do NSG entre os tratamentos

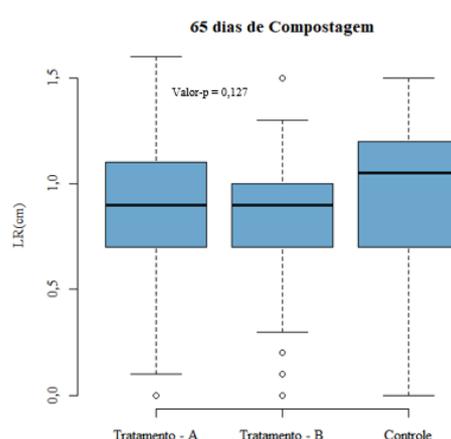


Figura 7 – Comparação do LR entre os tratamentos

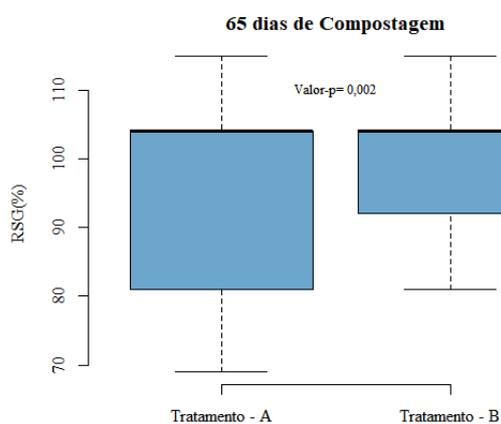


Figura 8 – Comparação da RSG entre os tratamentos

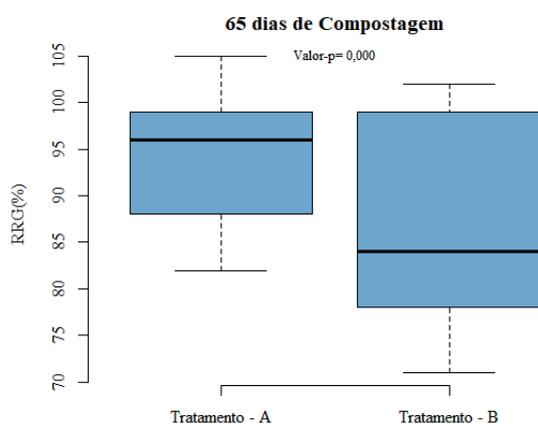


Figura 9 – Comparação da RRG entre os tratamentos

Devido ao tratamento B ter apresentando RSG maior que o tratamento A, esperava-se que ocorresse o mesmo com o RRG. No entanto, os tratamentos apresentaram resultados de RSG e RRG inversamente proporcionais, sendo que o tratamento B apresentou maior RSG que o A, e o tratamento A apresentou maior RRG que o B. Estes resultados podem ser consequência de vários fatores, e podem variar dependendo do estágio de desenvolvimento da plântula, não sendo possíveis de serem determinados pelo teste de germinação (GAJALAKSHMI; ABBASI, 2008).

Para trabalhos futuros, sugere-se determinar algumas substâncias potencialmente fitotóxicas, que podem estar presentes nos extratos aquosos e correlacioná-las com as variáveis do teste de germinação (RSG, RRG e GI). Seria interessante determinar a concentração de nitrogênio presente nos extratos aquosos nas suas diferentes formas (orgânica, nítrica e amoniacal), pois é o nutriente que mais interfere no crescimento vegetativo da alface (SHEAR, 1975).

Em sua forma nítrica é um nutriente limitante para o crescimento, Castro e Ferraz Júnior (1998) e Alvarenga *et al.* (2000) observaram que a ausência de nitrato reduziu o crescimento e a produção de massa seca de alface. Por outro lado, Tiquia e Tam (1998); Tiquia (2010) e Gao *et al.* (2010) reportaram a amônia como sendo a principal causa da fitotoxicidade observada em testes de germinação.

Na Figura 10 é apresentada a comparação do GI entre os tratamentos A e B aos 65 dias de compostagem. Podendo observar que os tratamentos foram estatisticamente iguais (valor-p > 0,05), apresentando valores de GI médios de 89,20% no tratamento A e 88,20% no tratamento B, indicando o desaparecimento da fitotoxicidade (TIQUIA; TAM; HODGKISS, 1996; TRAUTMANN; KRASNY, 1997; TIQUIA; TAM, 1998; TIQUIA *et al.*, 2010).

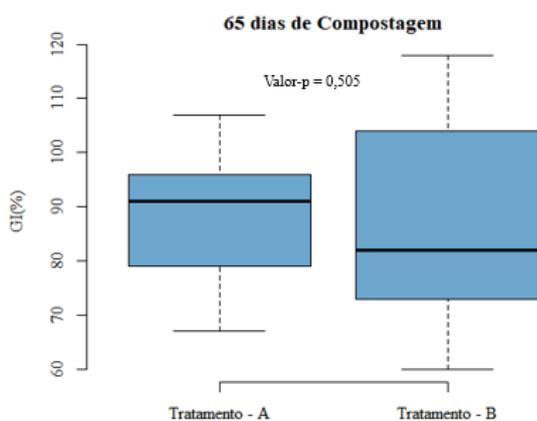


Figura 10 – Comparação do GI entre os tratamentos

#### 4 CONCLUSÕES

A análise multivariada de regressão linear com erros padrões robustos demonstrou que houve influência significativa (valor-p = 0,000) do inóculo de microrganismos sobre a temperatura durante todo o processo de compostagem, o que fornece evidências de uma maior atividade biológica, e por consequência uma aceleração do processo de degradação bioquímica com redução mais rápida da temperatura quando comparado ao tratamento sem adição de inóculo de microrganismos. Sendo que o tratamento com inóculo de microrganismos (B)



atingiu temperaturas ambientes aos 65 dias de compostagem, enquanto o tratamento sem inóculo (A) atingiu temperaturas próximas a ambiente a partir dos 98 dias de compostagem, sendo o processo finalizado aos 120 dias.

Os testes não paramétricos U de Mann-Whitney e de Kruskal-Wallis demonstraram não haver diferença estatisticamente significativa para os parâmetros nitrogênio total (%), umidade (%), carbono orgânico total (%), condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) e relação C/N, indicando que o tratamento B, com adição de inóculo de microrganismos produziu composto orgânico com qualidades similares ao tratamento A, porém com 46% a menos de tempo.

No entanto, houve diferença estatisticamente significativa (valor- $p=0,027$ ) do pH entre os tratamentos, sendo que o tratamento B apresentou um maior pH quando comparado ao tratamento A. Desta forma, pode-se inferir que a maior atividade biológica proporcionada pela adição de inóculo de microrganismos provocou uma reação mais alcalina no meio, o que é uma característica desejável do composto para correção de acidez do solo.

Em relação ao teste de germinação, os valores de GI dos tratamentos A e B foram estatisticamente iguais e maiores que 80% aos 65 dias de compostagem, indicando de acordo com a classificação de fitotoxicidade proposta por Trautmann e Krasny (1997), que o composto está livre de substâncias fitotóxicas que possam inibir o crescimento das plantas.

Segundo a classificação da maturidade proposta por Brinton (2000) e CCQC (2001) valores de GI entre 80 e 90% indicam a maturidade do composto. Entretanto, ressalta-se que o tratamento A manteve-se com temperaturas na faixa mesófila até os 98 dias de compostagem, demonstrando portanto, que a fase de maturação não havia sido concluída aos 65 dias de compostagem.

Uma observação interessante deste trabalho foi que a associação dos fatores: baixa relação C/N inicial, altas temperaturas e pH alcalino, não proporcionaram grandes perdas de nitrogênio conforme foi observado por outros autores (BERTOLDI; VALLINI; PERA, 1983; KIEHL, 1985). Para trabalhos futuros sugere-se o monitoramento das diferentes formas de nitrogênio (orgânico, amoniacal e nítrico), que possam suportar melhor esta questão, bem como a avaliação da fitotoxicidade e maturidade do composto através do teste de germinação, ao longo de todo o processo de compostagem.

Por fim, considera-se que este trabalho, contribuiu com o estado da arte apresentando um avanço em relação aos trabalhos anteriormente publicados no Brasil sobre a utilização de inóculo de microrganismos eficazes na compostagem (GREGÓRIO *et al.*, 2004; OLIVEIRA; LIMA; ALBERTI, 2013; NORD, 2014; PAREDES FILHO; FLORENTINO, 2016),



demonstrando indícios de que a inoculação desses microrganismos é capaz de acelerar, e consequentemente reduzir o tempo total do processo de compostagem, merecendo portanto, a realização de estudos mais aprofundados em trabalhos futuros.

## INOCULATION OF MICROORGANISMS AS ACCELERATORS IN THE PROCESS OF COMPOSITING OF SOLID AGROINDUSTRIAL WASTE

### ABSTRACT

The objective of this study was to produce an inoculum of microorganisms and to evaluate its efficiency in the acceleration of the composting process of agroindustrial organic solid residues. The work was carried out in the Biocomp composting plant located in the municipality of Parrots, MG, from February to August 2017. The inoculum of microorganisms was prepared based on the method of capturing effective microorganisms (EM), using as substrate cooked rice left in the forest for 10 days and as a medium of cultivation of sugarcane molasses in powdered and organic fertilizer. To assemble the windrows, we used 2 treatments with 5 replications, being treatment A without addition of inoculum of microorganisms and treatment B with addition of inoculum of microorganisms. During composting it was monitored: temperature, humidity, pH, electrical conductivity, total nitrogen, total organic carbon and C/N ratio. To confirm the absence of phytotoxicity of the organic compounds, germination tests were performed with *Lactuca sativa*. The collected data were subjected to non-parametric statistical tests that allowed comparing the median values of the treatments to the level of 5% significance. A multivariate linear regression with robust standard errors was used to verify the effect of the composting days and the type of treatment on the temperature. It was concluded that the inoculum of microorganisms promoted a greater biological activity, and consequently an acceleration of the process of biochemical degradation with faster reduction of temperature, producing organic compost with qualities similar to Treatment without the addition of inoculum of microorganisms with 46% less time.

Keywords: Composting. Inoculation of microorganisms. Effective microorganisms.

### REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10007: **Amostragem de resíduos sólidos**. 2. ed. Rio de Janeiro, 2004. 21 p.

ALVARENGA, M.A.R.; SILVA, E.C., SOUZA, R.J.; CARVALHO, J.G. Efeito de doses de nitrogênio aplicadas no solo e níveis de cálcio aplicados via foliar sobre o teor e o acúmulo de micronutrientes em alface americana. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, v.24, n.4, p.905-916, 2000.

APHA, AWWA, WEF, 2005. **Standard Methods, for the examination of water and wastewater**. 21. ed., American Public Health Association, Washington, D. C., 2005.



BELLAVER, C.; KONZEN, E. A. Possibilidades da compostagem acelerada. **A Granja**, n° 780, Ano 69, p 38-39, dez. 2013.

BENITES, V. M. et al. Produção de adubos orgânicos a partir da compostagem dos resíduos da manutenção da área gramada do aeroporto internacional do Rio de Janeiro. **Embrapa Solos-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2004.

BERTOLDI, M.; VALLINI, G; PERA, A. The biology of composting: a review. **Waste Management & Research**, v. 1, n. 2, p. 157-176, 1983.

BONFIM, F. P. G. *et al.* **Caderno dos Micro-organismos Eficientes (EM): Instruções práticas sobre o uso ecológico e social do EM**. 2. Ed. Viçosa: 2011.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília-DF, agosto de 2012.

BRINTON, W. F. Compost quality standards and guidelines. **Final Report by Woods End Research Laboratories for the New York State Association of Recyclers**, 2000.

CASTRO, S.R.P.de.; FERRAZ JUNIOR, A.S.L. Teores de nitrato nas folhas e produção de alface cultivada com diferentes fontes de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v.16, n.1, p.65-68, 1998.

CAZETTA, M. L.; CELLIGOI, M. A. P. C. Aproveitamento do melaço e vinhaça de cana-de-açúcar como substrato para produção de biomassa protéica e lipídica por leveduras e bactéria. **Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 26, n. 2, p. 105-112, 2005.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Principais indicadores do setor de fertilizantes**: 2018.

CUNHA-QUEDA, C. et al. Caracterização de compostos e de materiais orgânicos para a formulação de substratos para viveiros. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 367-375, 2010.

DIACONO, M.; MONTEMURRO, F. Long-term effects of organic amendments on soil fertility: A review. **Agronomy for Sustainable Development**, V. 2, p. 401-422, 2010.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Compostagem de resíduos para produção de adubo orgânico na pequena propriedade**. Circular técnica 59. Aracaju, SE Dezembro, 2009.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análise de solo. / Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **2ª ed. Rio de Janeiro**, 1997.212 p.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Healthy soils are the basis for healthy food production**, Rome 2015. 4 p.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The state of the world's land and water resources for food and agriculture: Managing systems at risk**. Organization of the United Nations, Rome and Earthscan, London, 2011.



FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Nitrogen inputs to agricultural soils from livestock manure: new statistics**. Integrated crop management. Rome, vol. 24, 2018.

GAJALAKSHMI, S.; ABBASI, S. A. Solid waste management by composting: state of the art. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, v. 38, n. 5, p. 311-400, 2008.

GAO, M., Liang F., Yu, A., Li, B., Yang, L. Evaluation of stability and maturity during forced-aeration composting of chicken manure and sawdust at different C/N ratios. **Chemosphere**, v. 78, n. 5, p. 614-619, 2010.

GREGÓRIO, M. Z. *et al.* **Eficiência do EM e do Bokashi no controle da temperatura em processo de biotransformação de resíduos orgânicos e restos de poda de vegetais urbanos**. In: ICTR 2004 – Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia em Resíduos e Desenvolvimento Sustentável, Costão do Santinho, Florianópolis, SC, 3969-3976. 2004.

GUO, R. *et al.* Effect of aeration rate, C/N ratio and moisture content on the stability and maturity of compost. **Bioresource Technology**, v. 112, p. 171-178, 2012.

HELFRICH, P. *et al.* A novel method for determining phytotoxicity in composts. **Compost science & utilization**, v. 6, n. 3, p. 6-13, 1998.

HERNANI, L. C.; KURIHARA, C. H.; SILVA, WM da. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 1, 1999.

HIGA, T.; WIDIDANA, G. N. The concept and theories of effective microorganisms. In: **Proceedings of the first international conference on Kyusei nature farming**. US Department of Agriculture, Washington, DC, USA. 1991. p. 118-124.

HOLLANDER, M.; WOLFE, D. A.; CHICKEN, E. **Nonparametric statistical methods**. John Wiley & Sons, 2013.

California Compost Quality Council (CCQC), INDEX, Compost Maturity. **Nevada City Google Scholar**, 2001.

INFRAESTRUTURA DE DADOS ESPACIAIS DO SISTEMA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS – IDE-SISEMA. Disponível em: <<http://idesisema.meioambiente.mg.gov.br>>. Acesso em 26 março 2018.

JIMÉNEZ, E. I.; GARCÍA, V. P. Evaluation of city refuse compost maturity: a review. **Biological Wastes**, n 27, p 115 – 142, England, 1989.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Editora Agronômica “Ceres”, 1985. 492p.

KIEHL, J. de C. Produção de composto orgânico e vermicomposto. **Informe Agropecuário, Belo Horizonte**, v. 22, n. 212, p. 40-42, 2001.



MATOS, A. T. de. **Tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2014. 240 p.

NORD, E. Qualidade química na compostagem de resíduos urbanos com inoculação biológica. **Revista de Estudos Sociais**, v. 15, n. 30, p. 149-174, 2014.

OLIVEIRA, G. A.; LIMA, D. S.; ALBERTI, R. S. Compostagem com diferentes tipos de produção de microrganismos eficazes. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, 2013.

PAREDES FILHO, M. V.; FLORENTINO, L. A. Utilização de microrganismos eficazes no processo de compostagem. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 10, n. 4, p. 375-382, 2016.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de compostagem: processo de baixo custo**. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2007. 81 p. - Série Soluções.

PEREIRA NETO, J. T.; LELIS, M. P. N. Importância da umidade na compostagem: uma contribuição ao estado da arte. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 20ª Feira Internacional de Tecnologias de Saneamento Ambiental, 3**. ABES, 1999. p. 1-9.

SCOLFORO, J. R. *et al.* Clima. In: SCOLFORO, J. R. ; DE CARVALHO, L. M. T; OLIVEIRA. Zoneamento ecológico-econômico do Estado de Minas Gerais: componentes geofísico e biótico. Lavras: Editora UFLA, 2008. p. 89–102.

SCHNEIDER, V. E. *et al.* 2012. **Diagnóstico dos resíduos orgânicos do setor agrossilvopastoril e agroindústrias associadas**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Brasília. 134 p.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, v. 52, n. 3/4, p. 591-611, 1965.

SHARMA, A. *et al.* Insights into rapid composting of paddy straw augmented with efficient microorganism consortium. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, v. 3, n. 2, p. 54, 2014.

SHEAR, C.B. Calcium related disorders of fruits and vegetables. **Hort Science**, Staley EA, v.10, n.4, p361-365, 1975.

SILVA, F. A. M. *et al.* Transformação da matéria orgânica em substâncias húmicas durante a compostagem de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 4, n. 1, 2009.

TIQUIA, S. M. Reduction of compost phytotoxicity during the process of decomposition. **Chemosphere**, Department of Natural Sciences, University of Michigan, Dearborn, MI 48128, USA, v. 79, n. 5, p. 506-512, 2010.

TIQUIA, S. M.; TAM, N. F. Y. Elimination of phytotoxicity during co-composting of spent pig-manure sawdust litter and pig sludge. **Bioresource Technology**, v. 65, n. 1-2, p. 43-49, 1998.



TIQUIA, S. M.; TAM, N. F. Y.; HODGKISS, I. J. Effects of composting on phytotoxicity of spent pig-manure sawdust litter. **Environmental Pollution**, v. 93, n. 3, p. 249-256, 1996.

TRAUTMANN, N. M.; KRASNY, M. E. **Composting in the classroom**: scientific inquiry for high school students. Cornell University, 1997.

VAN FAN, Y. et al. Evaluation of Effective Microorganisms on home scale organic waste composting. **Journal of environmental management**, v. 216, p. 41-48, 2018.

WHITE, H. A heteroskedasticity-consistent covariance matrix estimator and a direct test for heteroskedasticity. **Econometrica: Journal of the Econometric Society**, p. 817-838, 1980.