

Análise da utilização do efluente de laticínio para a produção de adubo orgânico

Analysis of the use of dairy effluent for the production of organic fertilizer

Aurélio Fidelis Bortolotto*, Carolina Resmini Melo Marques, Morgana Nuernberg Sartor Faraco, Larissa Bento Bortolatto, Aline Resmini Melo
Faculdade Satc, Departamento de Engenharia Química, Rua Pascoal Meller,
73, CEP: 88805-380, Criciúma, SC. *aureliofb.97@gmail.com

Resumo

As indústrias de laticínios geram resíduos em suas estações de tratamento de efluente (ETE), na qual é retirada uma porção gordurosa nas primeiras etapas do tratamento. Em busca da redução de descarte desse resíduo e da criação de uma economia circular, na qual resíduos se tornam fonte de matéria-prima, utilizou-se o processo de compostagem em que microrganismos degradam as matérias orgânicas presentes e resultam em um adubo orgânico. Além dos resíduos da ETE, foram utilizados outros resíduos como matérias-primas: dejetos bovinos curtidados, cinzas de eucalipto e maravalha de eucalipto. Após a seleção das matérias-primas foi calculada uma relação carbono/nitrogênio (C/N) 30:1 e dividido em um método sem microrganismo e um contendo microrganismos, para avaliar se há um aumento de micronutrientes no composto final. Ambos os métodos, com e sem microrganismos foram satisfatórios, porém a utilização de microrganismos não obteve resultados significativos no aumento dos parâmetros físico-químicos, inviabilizando sua aplicação visto que há custos envolvidos. Em relação a legislação do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), ambos os métodos obtiveram resultados satisfatórios, ficando acima de todos os parâmetros mínimos exigidos.

Palavras-chave: Compostagem. Microrganismos. Macronutrientes.

Abstract

The dairy industries generate waste at their effluent treatment stations (ETE), in which a fatty portion is removed in the first stages of treatment. In order to reduce the disposal of this waste and create a circular economy, in which waste becomes a source of raw material, the composting process was used, in which microorganisms degrade the organic matter present and result in an organic fertilizer. In addition to the ETE residues, other residues were used as raw materials: tanned bovine manure, eucalyptus ash and eucalyptus wood shavings. After the selection of raw materials, a 30: 1 carbon / nitrogen ratio (C / N) was calculated and divided into a method without microorganisms and one containing microorganisms, to assess whether there is an increase in micronutrients in the final compound. Both methods, with and without microorganisms, were satisfactory, however the use of microorganisms did not obtain significant results in the increase of the physical-chemical parameters, making its application unfeasible since there are costs involved. Regarding the legislation of the Ministry of Agriculture, Livestock and Supply (MAPA), both methods obtained satisfactory results, being above all the minimum required parameters.

Keywords: Composting. Microorganisms. Macronutrients.

Introdução

O reaproveitamento de resíduos é imprescindível para a manutenção do ecossistema, transformando-os em algo de valor agregado. Essa ação pode ser adotada tanto nas indústrias quanto nas residências. A compostagem é o processo de decomposição de matéria orgânica, transformando folhas, vegetais e materiais lenhosos em um composto rico em carbono orgânico e nutrientes, sendo um exemplo de reaproveitamento de resíduos.

No terceiro trimestre de 2018, os laticínios adquiriram 6,26 bilhões de litros de leite, sendo esses estabelecimentos operando com a inspeção estadual ou municipal [1]. Para cada litro de leite produzido, são gerados de um a seis litros de efluente. Esses efluentes líquidos são provenientes dos processos de limpeza de equipamentos, vazamentos e descarte de produtos vencidos. Após o processo produtivo esses resíduos são encaminhados para a estação de tratamento de efluente (ETE), passando inicialmente por uma caixa de gordura contendo chicanas, que por diferença de massa específica e baixa miscibilidade a gordura é separada. Esse resíduo é retirado da ETE e encaminhado para um filtro prensa e após seco é transportado até um aterro industrial [2].

Este trabalho teve como objetivo a análise da utilização da porção gordurosa do efluente de laticínio, juntamente com outras matérias-primas, para a produção de adubo orgânico através do método de compostagem. Foi realizada a comparação entre a compostagem com e sem microrganismos, mediante às análises físico-químicas visando a adequação com a legislação vigente. O produto final tem um valor agregado, que poderá gerar receita para a indústria de laticínios e também reduzir os gastos com descarte de resíduos.

Leite

O leite sempre esteve associado a alimentação do ser humano, e com os avanços nas etapas de produção contribuíram para o aumento do consumo. Estas etapas promovem alterações microbiológicas, bioquímicas, físico-químicas, sensoriais, nutricionais e reológicas. O estudo da química envolvida no leite é de grande importância para assegurar sua qualidade [3].

No cenário brasileiro as Regiões Sul e Sudeste lideram na captação de leite cru, ficando responsáveis por 40,1% e 38,1% respectivamente. As regiões Centro-Oeste, Nordeste e Norte cobrem o restante ficando com 12,6%, 5,6% e 3,6% respectivamente, os percentuais são referentes ao terceiro trimestre de 2018 [1].

A composição físico-química do leite é constituída principalmente por água, gordura, proteína, lactose, sais e vitaminas. Biologicamente o leite é o produto de secreções das glândulas mamárias com a finalidade de alimentar os recém-nascidos [4].

A Tab. 1 quantifica a composição em pontos percentuais e a quantidade média de leite produzido por diferentes raças de gado.

Tabela 1: Composição média do leite.

Raça	Gordura (%)	Proteína (%)	Lactose (%)	Cinzas (%)	Extrato seco (%)
Parda suíça	4,0	3,6	5,0	0,7	13,3
Holstein	3,5	3,1	4,9	0,7	12,2
Jersey	5,5	3,9	4,9	0,7	15,5

Fonte: Adaptado de [4]

Percebe-se que as quantidades dos componentes variam conforme a raça do animal [5].

A quantidade de gordura é dependente de uma série de fatores, sendo principalmente: a raça, alimentação, período de lactação, doenças e ordenha [3, 4].

A gordura é formada por glóbulos em emulsão, esses são envolvidos por uma membrana protetora composta por proteínas e lipídios que atua como protetor contra ação enzimática, também impede que os glóbulos floculem e se afundem. O tamanho médio dos glóbulos são 4 µm [4, 6].

Efluentes líquidos

Em uma indústria de laticínios a água é utilizada demasiadamente gerando uma grande quantidade de efluentes líquidos, alguns usos são: limpeza de maquinários e chão, trocadores de calor e caldeiras. Esses efluentes não devem ser despejados em corpos d'água sem passarem por uma estação de tratamento para a remoção das impurezas [7].

A Tab. 2 quantifica os parâmetros físico-químicos analisados em uma indústria do setor de laticínios que recebe 14.000 litros de leite cru por dia.

Tabela 2: Valores encontrados para efluente de um laticínio.

Parâmetro	Média	Parâmetros para lançamento de efluentes
pH	8,77	5,0 – 9,0
Sólidos sedimentáveis (mL/L)	3,1	1
Óleos e graxas (mg/L)	414,0	50
DQO (mg de O ₂ /L)	3567	200
DBO ₅ (mg de O ₂ /L)	1033	60% redução

Fonte: Adaptado de [8, 9, 10]

Os valores descritos “Média” são as médias encontradas durante o estudo e “Parâmetros para lançamento de efluentes” são referências das resoluções nº 357 e 430 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) [9].

Compostagem

Os resíduos orgânicos podem contribuir para poluição de solos e recursos hídricos se despejados de forma incorreta. Com o auxílio da compostagem é possível reduzi-los e transformá-los em adubo orgânico. O processo de compostagem se dá pela biodegradação de microrganismo em um ambiente com umidade, temperatura e aeração controlados. É um processo simples e de baixo custo utilizado também pelas antigas civilizações. Dependendo das matérias-primas, o adubo é fonte de macronutrientes como: nitrogênio, potássio e fósforo e micronutrientes como: ferro, boro e zinco [12].

A compostagem é realizada com a mistura de matérias orgânicas com diferentes composições, porém deve ser levado em consideração a relação entre carbono e nitrogênio (C/N) que modificarão as condições do processo e o tempo de maturação. Os microrganismos são dependentes de fontes de carbono, estas são fontes de energia para as células para promover o crescimento. O nitrogênio, “representa um papel bastante importante na composição de alguns elementos essenciais para o crescimento e funcionamento das células como proteínas, ácidos nucleicos, aminoácidos, enzimas e coenzimas”. Em geral, os valores de 25 a 35 de C/N são considerados ideais. Valores acima de 35 de C/N aumentam o tempo total de compostagem [13].

No processo de compostagem a temperatura sofre um acréscimo de até 70°C, no qual ocorre a eliminação de patógenos. A Fig. 1 disponibiliza as temperaturas ao decorrer da compostagem.

A Fig. 1 representa a elevação da temperatura conforme o avanço de tempo no processo de compostagem. As letras A, B, C e D representam as respectivas fases: mesofílica, termofílica, de resfriamento e de maturação [14].

A adição de microrganismos contribui no processo de compostagem, auxiliando o controle de mau odor, insetos e principalmente a diminuição do tempo de compostagem [15].

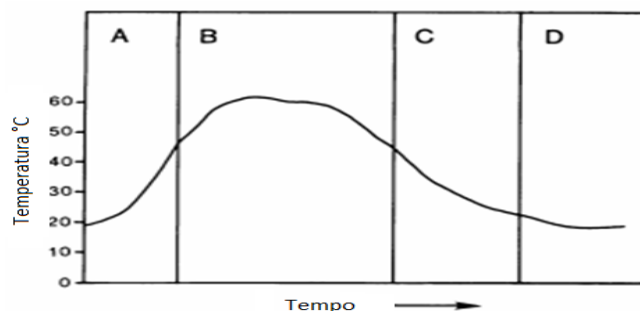


Figura 1: Fases da compostagem.

Fonte: Adaptado de [14] (p. 288)

Maravalha de eucalipto

As maravalhas são resíduos do processamento da madeira com tamanhos de 0,5 a 2,5 mm e tem sua composição química apresentada na Tab. 3 [16].

Tabela 3: Composição química da maravalha de Eucalipto.

Componente	N	C	O	H	C/N
Quantidade (%)	0,19	48,34	45,37	6,10	254,42

Fonte: Adaptado de [16].

A adição de maravalha se torna interessante primeiramente por ser um subproduto de baixo custo de madeiras e segundo Brietzke [13], materiais mais grosseiros promovem a redução da umidade da pilha, reduzindo a compactação e melhorando a aeração.

Cinza de eucalipto

Após a queima o eucalipto pode agregar nutrientes ao solo e também ser agregado a compostagem. A Tab. 4 apresenta a composição dos principais constituintes das cinzas de eucalipto. A cinza tem grande concentração de óxidos e os valores podem contribuir para aumentar a carga mineral do adubo, sendo esse um resíduo proveniente da queima da madeira para produção de vapor para o processo de pasteurização [17].

Tabela 4: Composição química da cinza.

Óxidos presentes	Quantidade (%)
CaO	40,10
K ₂ O	9,75
SiO ₂	8,87
MgO	6,15
P ₂ O ₅	4,02

Fonte: Adaptado de [18]

Dejetos bovinos

Os dejetos sólidos provenientes de bovinos possuem características químicas dependentes da raça e do manejo. O esterco é rico em microrganismos que podem ser utilizados como inoculante para acelerar o processo de compostagem. Em geral, o esterco é fonte de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e enxofre (S) [19]. A Tab. 5 relaciona a composição química de dejetos bovinos curtidados.

Tabela 5: Características químicas de dejetos bovinos.

Material Orgânico	C (g/Kg)	N (g/Kg)	P (g/Kg)	K (g/Kg)	Ca (g/Kg)	C/N
Esterco bovino curtido	320	15	12	21	20	21

Fonte: Adaptado de [20]

O esterco pode ser utilizado para compostagem para equilibrar a relação C/N (conforme dados da Tab. 5) da maravalha e também servir de fonte de N, P e K. O esterco é abundante, pois uma vaca de 400 Kg produz de 28 a 32 kg de dejetos diariamente [21].

Adubo

Para manter ou aumentar a produção das lavouras o solo necessita de nutrientes para que as plantas se desenvolvam bem. A aplicação de adubo vem como método agregativo de nutrientes como N, P e K. O adubo orgânico disponibiliza os nutrientes de forma gradativa e dessa forma atua mais lentamente que os adubos químicos. Os benefícios desse produto para a cultura são o menor risco de contaminação e o baixo custo de produção. A matéria orgânica melhora o solo, aumentando a sua capacidade para reter água, evitando assim a erosão do terreno, de forma natural, devolvendo os nutrientes, que muitas vezes são levados com a água da chuva [22].

Os adubos orgânicos são classificados conforme as matérias-primas utilizadas e de acordo com o MAPA [23]:

“I - Classe “A”: fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza matéria-prima de origem vegetal, animal ou de processamentos da agroindústria, onde não sejam utilizados no processo, metais pesados tóxicos, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos, resultando em produto de utilização segura na agricultura;

II - Classe “B”: fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza matéria-prima oriunda de processamento da atividade industrial ou da agroindústria, onde, metais pesados tóxicos, elementos ou compostos orgânicos sintéticos potencialmente tóxicos são utilizados no processo, resultando em produto de utilização segura na agricultura;

III - Classe “C”: fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda de lixo domiciliar, resultando em produto de utilização segura na agricultura;”

“IV - Classe “D”: fertilizante orgânico que, em sua produção, utiliza qualquer quantidade de matéria-prima oriunda do tratamento de despejos sanitários, resultando em produto de utilização segura na agricultura”

As garantias são valores mínimos e máximos exigidos dos parâmetros físico-químicos em adubos orgânicos e inorgânicos. Nos orgânicos as garantias são dispostas pelo MAPA, e sofrem alterações conforme a sua classificação. A Tab. 6 determina as garantias dos adubos orgânicos de acordo com a legislação.

Tabela 6: Garantias de adubos orgânicos mistos e compostos.

Garantia	Classe A	Classe B	Classe C	Classe D
Umidade % (máximo)	50	50	50	70
Carbono Orgânico % (mínimo)	15	15	15	15
Nitrogênio % (mínimo)	0,5	0,5	0,5	0,5
pH (mínimo)	6	6,5	6	6
C/N (máxima)	20	20	20	20

Fonte: Adaptado de [23]

Nutrientes

Os nutrientes necessários para o desenvolvimento de culturas são classificados em minerais e não-minerais. Os minerais são classificados em macronutrientes primários (N, P e K), macronutrientes secundários (Mn, Ca e S) e micronutrientes (Cu, B, Cl, Mg, Fe, Zn, Mo e Ni). Os não-minerais são elementos que participam da fotossíntese como C, H e O para a produção de glicose ($C_6H_{12}O_6$) que é fonte de energia [24].

O nitrogênio participa em vários processos bioquímicos vegetais sendo alguns deles: na fotossíntese, na expansão da área foliar e presente em proteínas e enzimas. A fertilização desse macronutriente é dependente do solo, clima e também do tipo de vegetal [25].

A deficiência desse nutriente é perceptível quando há o amarelamento das folhas, começando pelas mais velhas e com o avanço dessa deficiência ocorre nas mais jovens. O amarelamento afeta diretamente no processo de fotossíntese, no qual reduz a quantidade de energia disponível pelo carboidrato [24].

O potássio atua no desenvolvimento de vários processos do crescimento e manutenção do vegetal, tornando-se indispensável. As folhas que apresentam deficiência desse elemento em estágio mais avançado provocam a necrose das mais jovens e enrolamento das mais velhas [26]. O potássio tem várias funções, como por exemplo, na cultura da soja na qual atua na ativação de enzimas que envolvem a respiração e a fotossíntese, controla a entrada e saída de água e transporte de carboidratos. Sua deficiência afeta o desenvolvimento da planta e aumenta o risco de pragas e doenças [27].

O fósforo é um macronutriente que proporciona o desenvolvimento e o crescimento prematuro das raízes, aumento das capacidades de absorção de água, resistência ao frio e a falta de umidade. Em certas plantas evita algumas doenças. Também atua em processos como: fotossíntese, na divisão celular e no armazenamento de energia. As sementes são as maiores portadoras de fósforo. A principal fonte de fósforo provem do íon ortofosfato ($H_2PO_4^-$) [24, 28].

A deposição de biomassa disponibiliza a entrada de carbono orgânico no solo e suas principais fontes são: queda de galhos, queda de folhas e animais mortos. O carbono orgânico garante a manutenção do solo, pois libera os nutrientes das biomassas decompostas e reduz o risco de lixiviação. A absorção é dependente de variáveis como: temperatura, umidade e taxa de decomposição do material orgânico. Em geral o solo apresenta de 1% a 5% de compostos orgânicos [29].

Experimental

Neste capítulo são descritas as etapas necessárias para produção, controle e posterior análise do adubo orgânico.

Definição das matérias-primas

A junção das matérias-primas da origem a pilha de compostagem, que teve como base a relação C/N de 30, utilizando as composições químicas encontradas na revisão bibliográfica. Inicialmente foram convertidos os valores da Tab. 5, transformando-os de g/Kg para %, com o auxílio da Eq. (1), conforme Raij [20].

$$A = \frac{N}{10} \quad (1)$$

Onde:

A = valor na unidade antiga (%);

N = valor na unidade nova (g/kg).

Com o auxílio da Eq. (1), encontrou-se o valor de 1,5% de nitrogênio e 32% de carbono nos dejetos bovinos curtidos.

Para determinar a proporção dos materiais ricos em carbono e nitrogênio foi utilizada a Eq. (2), adaptada de Gomes, Silva e Silva [30]:

$$RN/C = \frac{(30 * N_{nitrogênio}) - N_{carbono}}{C_{carbono} - (30 * C_{nitrogênio})} \quad (2)$$

Onde:

RN/C = relação entre o material rico em nitrogênio pelo rico em carbono;

Nnitrogênio = percentual de nitrogênio encontrado no material rico em nitrogênio (%);

Ncarbono = percentual de carbono encontrado no material rico em nitrogênio (%);

Cnitrogênio = percentual de nitrogênio encontrado no material rico em carbono (%);

Ccarbono = percentual de carbono encontrado no material rico em carbono (%);

Com o auxílio da Eq. (2), encontrou-se o valor de RN/C de 0,30. A relação RN/C instrui que para cada parte de esterco bovino curtido foi adicionada 0,30 em massa de maravalha. A Tab. 7 menciona as quantidades das matérias-primas da compostagem.

Tabela 7: Materiais para compostagem.

Esterco curtido (kg)	Gordura (kg)	Maravalha (kg)	Cinzas (kg)	Total (kg)
40	18	12	8	78,0

Fonte: Do autor (2019)

Na compostagem com microrganismo foi adicionada a quantidade indicada pelo fabricante (para cada 1000 kg de compostagem deve ser utilizado 1 kg do composto). As quantidades de matérias-primas utilizadas foram as mesmas e, portanto, foi adicionada uma quantidade de 0,078 Kg. O composto usado contém: *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis* e *Bacillus pumilus*.

Coleta dos materiais

A gordura e a cinza foram disponibilizadas por um laticínio de Nova Veneza. Os dejetos bovinos foram coletados em uma propriedade rural onde é realizada a ordenha. A maravalha de eucalipto foi coletada em uma madeireira em Nova Veneza. Todos os itens foram acondicionados em recipientes de 20 litros para facilitar o transporte e evitar desperdícios.

Construção do local de compostagem

Primeiramente foi realizado a impermeabilização do solo com uma lona plástica cobrindo uma área de 4x3 metros. Em seguida foi construída uma cobertura à prova d'água com lona.

Foram utilizados dois métodos de compostagem, o primeiro realizado sem os microrganismos e o segundo utilizando-os.

Formação das pilhas – compostagem sem microrganismos

Inicialmente os dejetos bovinos foram espalhados em um formato retangular de aproximadamente 1 m², e em cima dos dejetos foram depositados a gordura e em seguida homogeneizados. Com os dois materiais misturados, foi formado novamente outro retângulo e em seguida foram colocadas as maravalhas e as cinzas, e posteriormente homogeneizado. Em seguida a mistura foi empilhada. A Fig. 2 apresenta o fluxograma do processo de formação das pilhas.



Figura 2: Fluxograma do processo de formação das pilhas da compostagem sem microrganismos.

Fonte: Do autor (2019)

Formação das pilhas – compostagem com microrganismos

Inicialmente foi realizada a pesagem dos microrganismos em uma balança analítica com a quantidade de 0,078 Kg. Em seguida o composto foi umidificado com água até adquirir a consistência de pasta. Após esse processo os dejetos bovinos foram espalhados em um formato retangular de aproximadamente 1 m², e em cima dos dejetos foram depositados a gordura e a pasta do composto (microrganismos e água), homogeneizado em seguida. Com os dois materiais misturados, foi formado novamente outro retângulo e em seguida foram colocadas as maravalhas e as cinzas, e posteriormente homogeneizado. Em seguida a mistura foi empilhada. A Fig. 3 apresenta o fluxograma do processo de formação das pilhas.



Figura 3: Fluxograma do processo de formação das pilhas da compostagem com microrganismos.

Fonte: Do autor (2019)

Revolvimento da pilha

Foram feitos três revolvimentos (homogeneizações) na pilha de compostagem sem microrganismos a cada 25 dias a partir do início da compostagem, conforme Souza, Aquino e Ricci [31].

Para a pilha com microrganismos foram feitos os revolvimentos a cada 2 dias durante 10 dias após a formação da pilha, conforme a recomendação do fabricante do composto. Foram realizados mais dois revolvimentos, um após 35 e outro após 60 dias, ambos contabilizados a partir do 1º dia de formação da pilha.

Controle da temperatura

A análise de temperatura é essencial para determinar o andamento do processo. Foram tomadas as medidas de temperatura das pilhas e a temperatura ambiente duas vezes por semana para determinar as fases da compostagem.

Determinação da umidade final

Segundo MAPA [32], a determinação da umidade foi realizada a temperatura de 65°C até a massa se tornar constante. Para realização do procedimento foi pesado aproximadamente 100 gramas do adubo produzido em um béquer e anotado a massa (P1). Regulou-se a estufa para a temperatura de 65°C e deixado o béquer com a amostra até a massa se estabilizar, totalizando cerca de 18 horas. Transferiu-se o béquer para um dessecador e foi aguardado a amostra esfriar. Após atingir a temperatura ambiente, pesou-se e foi anotado a massa (P2). Para calcular a umidade final foi utilizado a Eq. (3).

$$U = \frac{100 (P1 - P2)}{P1} \quad (3)$$

Onde:

U = umidade (%);

P1 = massa úmida (g);

P2 = massa seca a temperatura de 65°C (g).

Análise da composição química

A composição química foi analisada no Laboratório de Solos da Epagri/Cepaf da unidade de Chapecó-SC. Foram determinados os elementos: N, P, K, carbono orgânico e pH nos quais seguiram as metodologias dispostas pelo MAPA [32]. As coletas das amostras foram realizadas após 90 dias do início da preparação das pilhas, conforme Souza, Aquino e Ricci [31], sendo uma para cada tipo de compostagem.

Classificação do adubo orgânico conforme a legislação em vigor

Para verificar o enquadramento do adubo conforme a Instrução Normativa SDA/MAPA nº 25 de 23 de julho de 2009 [23], foram comparados os resultados das análises químicas e físicas. Classificou-se os adubos a partir das origens das matérias-primas utilizadas.

Resultados e Discussão

Este capítulo descreve os resultados obtidos experimentalmente baseados nos procedimentos experimentais e comparados com a literatura. Os parâmetros analisados foram: pH, umidade, carbono orgânico, nitrogênio, fósforo, potássio e as temperaturas das pilhas.

Temperatura

As temperaturas encontradas nas pilhas de compostagem foram compiladas na Fig. 4 para melhor entendimento, demonstrando a compostagem com microrganismos e sem microrganismos juntamente com a temperatura ambiente.

Nas duas pilhas de compostagem o aumento de temperatura ocorreu até aproximadamente o 25º dia. A fase mesofílica, que se caracteriza em temperaturas até 45°C, foi atingida no 17º dia.

Temperaturas acima de 45°C são classificadas como a fase termofílica, podendo atingir temperaturas de até 80°C. Temperaturas entre 60°C a 70°C são ideais para eliminar os patógenos sem eliminar os microrganismos decompositores. Para a pilha utilizando microrganismos as temperaturas na faixa de 60°C foram alcançadas entre o 22º dia até o 33º dia. Para a sem microrganismos essa faixa foi alcançada entre o 22º ao 38º dia.

A fase de resfriamento iniciou-se no 33º dia para a pilha com microrganismos e no 38º dia para a sem microrganismos. Aproximadamente no 58º dia iniciou-se a fase de maturação, na qual as pilhas chegam próximas a temperatura ambiente e o material se estabiliza, podendo ser utilizado.

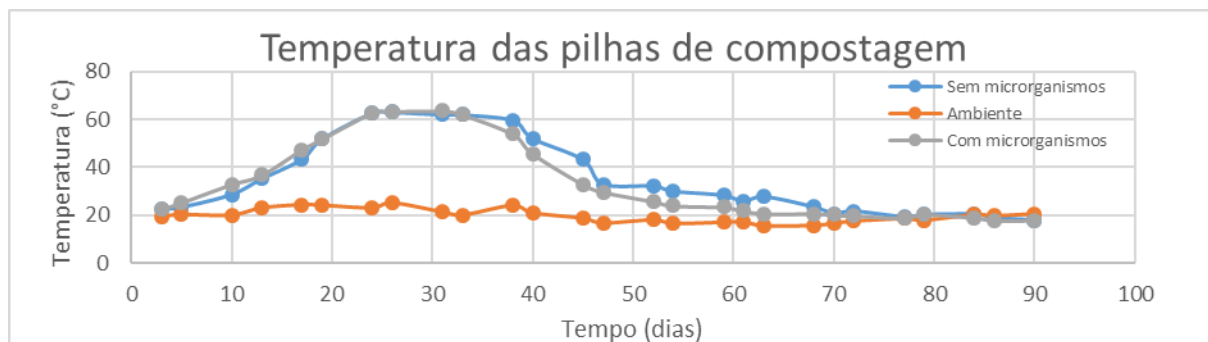


Figura 4: Temperatura de compostagem.

Fonte: Do autor (2019)

Notou-se semelhança entre a Fig. 1 e a Fig. 4, podendo serem distinguidas as fases da compostagem. A adição de microrganismo eficientes não apresentou diferença significativa no controle de temperatura, apenas adiantou a fase de resfriamento e não alterou o processo, visto que o mesmo necessita em torno de 90 dias para estabilização e utilização.

Os resultados obtidos em relação a adição de microrganismos, foram semelhantes aos encontrados no trabalho de Vicentini, Carvalho e Richter [33]. Este estudo comparou a utilização de microrganismo eficientes com a compostagem comum, e também não obteve diferenças significativas entre os dois métodos, apenas adiantou a fase de resfriamento.

Para Heck et al. [34], na qual foram realizadas análises microbiológicas no processo de compostagem, demonstrou que houve redução de microrganismos patogênicos nos períodos mais quentes do processo. A temperatura do estudo nos períodos mais quentes foram de 55°C a 67,6°C, se assemelhando as encontradas experimentalmente neste trabalho.

Umidade

Os valores de umidade final encontradas experimentalmente, foram calculados utilizando a Eq. (3), obtendo o valor de 39,92% para a pilha que utiliza os microrganismos e 43,71% para a pilha sem microrganismos. Essa pequena distinção de valores pode ter ocorrido pela diferença da localização das pilhas, na qual a com microrganismo recebeu maior incidência solar, favorecendo a evaporação.

Conforme Brietzke [13], a compostagem com a relação C/N de 30:1 obteve umidade final de 39,31%, enquanto Moraes [35], apresentou umidades finais entre 34,60 % a 42,08 %. Os valores encontrados nesse trabalho se assemelham a dos autores. Segundo a Instrução Normativa SDA/MAPA nº 25 de 23 de julho de 2009 [23], os valores máximos de umidade são de 50% e ambos métodos atenderam a legislação.

pH

A Instrução Normativa SDA/MAPA nº 25 de 23 de julho de 2009 [23] dispõe um valor mínimo 6 para o pH. Nas análises realizadas pela Epagri/Cepaf foram determinados os valores de pH, obtendo 8,6 para o método sem microrganismo e 8,8 para o método com os microrganismos. Os valores satisfazem as exigências dessa legislação. Entretanto a utilização de microrganismos não demonstrou aumento significativo no parâmetro de pH, ou seja, não se faz necessário a utilização pois ambos os métodos estão de acordo com os termos legais.

Ao decorrer do processo de compostagem, fungos e bactérias degradam a matéria orgânica liberando ácidos que acidificam o meio. Posteriormente esses ácidos são decompostos e oxidados fazendo com que o pH se torne alcalino, ficando entre 7 a 8 [36]. Os resultados obtidos experimentalmente estão levemente superiores a literatura devido a utilização das cinzas de eucalipto, que contém propriedades alcalinas, conforme comprovado no trabalho de Materechera e Mkhabela [37], a utilização de cinzas ajuda na correção da acidez dos solos pois contém óxidos de cálcio, potássio e magnésio, sendo esses metais alcalinos.

Composição química do adubo

Com as análises realizadas pela Epagri/Cepaf foram determinados os valores de N, P, K, carbono orgânico e a relação C/N.

Em termos legais, é requerido uma concentração de nitrogênio mínimo de 0,5% pelo MAPA [23]. Os resultados obtidos com as análises dos adubos demonstram os valores de 5,08% para os sem microrganismo e 5,21% para os com microrganismos. Novamente não foi obtido diferenças significantes no emprego dos microrganismos que aprovassem sua aplicação.

Os teores de nitrogênio encontrados em estudos de compostagens de dejetos bovinos apontam valores aproximados de 3,1%, como obtidos por Eghball et al. [38]. O aumento dos valores encontrados experimentalmente quando comparados a literatura se dá pela adição da gordura de ETE. Esse resíduo faz parte do início do tratamento do efluente de laticínio, tendo em consideração que além da porção gordurosa, alguns sólidos estão presentes tais como proteínas, sendo estas precipitadas em função de pH ácido. Essas proteínas precipitadas são constituídas de carbono, hidrogênio e nitrogênio, aumentando a concentração de nitrogênio total no adubo orgânico [39].

A Instrução Normativa SDA/MAPA nº 25 de 23 de julho de 2009 [23] não dispõe as garantias em relação ao potássio, sendo apenas um complemento na análise dos adubos orgânicos.

Os resultados demonstram que os percentuais de potássio foram de 2,11% para o método sem microrganismos e 1,98% para o com microrganismos. Esses valores estão relacionados as matérias-primas utilizadas, sendo provenientes da adição de dejetos bovinos e cinzas de eucalipto. Esses valores se aproximam de Raij et al. [20], onde os esterco bovinos curtidos têm aproximadamente 2,1% desse elemento. Os valores encontrados nesse estudo são positivos, uma vez que o potássio é um macronutriente essencial para o desenvolvimento de diversas culturas.

Entretanto a utilização de microrganismos não foi benéfica para o aumento de potássio no composto final, visto que ficou pouco abaixo do método que não utilizou os microrganismos, esta pequena diminuição pode ter ocorrido devido a erros nas análises ou na amostragem.

A Instrução Normativa SDA/MAPA nº 25 de 23 de julho de 2009 [23] não dispõe as garantias em relação ao fósforo, sendo apenas um complemento na análise dos adubos produzidos e servindo para a complementação desse macronutriente ao solo.

Os resultados obtidos experimentalmente demonstram os valores de 2,99% para o método sem microrganismos e 3,17% para o que utiliza os microrganismos. Novamente a utilização dos microrganismos não obteve aumento significativo que justificasse seu uso. Os valores de fósforo apenas na compostagem dos dejetos de gado leiteiro são, em média, 2,49% como obtidos por Eckhardt et al. [40]. O valor encontrado pela Epagri/Cepaf ficou levemente superior, visto que além do esterco, foram utilizadas as cinzas de eucalipto que também contém fósforo em sua composição.

O trabalho de Bonilla [41], estudou a inoculação de bactérias mobilizadoras de fósforo em compostagem, demonstrando que a utilização de *Pseudomonas aeruginosa* PSBR12 e *Bacillus* sp. BACBR1 aumentaram a concentração dos macronutrientes N, P e K. A utilização desses microrganismos pode servir como norte para próximos trabalhos, visto que a aplicação dos microrganismos *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis* e *Bacillus pumilus* não demonstrou aumento considerável nas concentrações de N, P e K.

O carbono serve de fonte de energia para os microrganismos e consequentemente, tem seu valor reduzido conforme o tempo de compostagem [13]. A Instrução Normativa SDA/MAPA nº 25 de 23 de julho 2009 [23] dispõe o valor mínimo de 15% para o carbono orgânico. Os valores obtidos experimentalmente são de 41,88% para a pilha sem microrganismos e 42,33% para a com microrganismos. Mais uma vez não se faz necessário a utilização dos microrganismos visto que os resultados estão muito próximos. Ambos os métodos atendem as especificações legais do MAPA [23].

A Instrução Normativa SDA/MAPA nº 25 de 23 de julho de 2009 [23], dispõe o valor máximo de 20 para a relação C/N. A relação C/N, que inicialmente era de 30, ao final do experimento caiu para 8,24 para os sem microrganismos e 8,12 para os com microrganismos. Essa redução no valor final e da temperatura das pilhas próximas a temperatura ambiente indicam a estabilização do composto e término da atividade microbiana. Os valores médios da estabilização dispõem uma relação C/N de 10:1 [42].

Composição química do adubo

A classificação do adubo orgânico varia conforme as matérias-primas utilizadas. Em ambas as pilhas foram utilizados os seguintes materiais: dejetos bovinos, maravalha de eucalipto, cinzas de caldeira e gordura de ETE de laticínio. Essas matérias-primas, conforme MAPA [23], se encaixam na Classe “A”.

A Tab. 8 apresenta as garantias do adubo orgânico Classe “A” (dispostas na Tab. 6), juntamente com os resultados obtidos na produção dos adubos.

Tabela 8: Comparação entre os adubos e a legislação.

Garantia	Classe A	Sem microrganismos	Com microrganismos
Umidade % (máximo)	50	43,71	39,92
Carbono Orgânico % (mínimo)	15	41,88	42,33
Nitrogênio % (mínimo)	0,5	5,08	5,21
Potássio solúvel em água %	-	2,11	1,98
Fósforo total %	-	2,99	3,17
pH (mínimo)	6	8,6	8,8
C/N (máxima)	20	8,24	8,12

Fonte: Do autor (2019); MAPA [23]

Com a Tab. 8, percebe-se que ambos os adubos orgânicos obtiveram as exigências mínimas prevista em lei. O método sem a adição de microrganismos foi considerado ideal pois não adiciona custos ao processo produtivo e também porque não ocorreu aumento significativo dos parâmetros físico-químicos com a utilização dos microrganismos.

Considerações Finais

A redução de resíduos em indústrias de laticínios pode ser auxiliada com a implantação do método de compostagem, onde o efluente sólido juntamente com cinzas de eucalipto, dejetos bovinos e maravalha se transformam em um produto com valor agregado.

A utilização de microrganismos não contribuiu de forma significativa para a eficiência do processo de compostagem, apenas adiantou o processo de resfriamento da pilha com microrganismos. O processo, como um todo, leva em torno de 90 dias para ficar pronto não se tornando necessária a adição de microrganismos, pois apenas seriam adicionados custos com a utilização dos microrganismos.

As garantias requeridas pelo MAPA [23] foram obtidas em ambos os métodos de compostagem. Em todos os parâmetros analisados se encontram muito superiores aos mínimos exigidos, conferindo assim um composto final com boas composições físico-químicas, reduzindo a quantidade de adubo que deve ser adicionado ao solo para sua suplementação.

Como não foi obtido diferença significativa com os microrganismos adicionados nesse trabalho, os próximos estudos podem ser voltados a utilização das bactérias mobilizadoras de fósforo utilizadas no experimento de Bonilla [41]. Além da mudança dos microrganismos, será interessante avaliar as quantidades de gordura que podem ser adicionadas, verificando se haverá distinção nos parâmetros analisados. Também será dever ser constituído uma pilha sem a utilização do resíduo de ETE, para tomar como um padrão de comparação com as que utilizam a gordura.

Referências

[1] IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Estatística da Produção Pecuária – 2018. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2380/epp_2018_3tri.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2019.

- [2] HENARES, Juliana Ferreira. Caracterização do efluente de laticínio: análise e proposta de tratamento. 2015. 51 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2015.
- [3] SILVA, Paulo Henrique Fonseca da. Leite: Aspectos de Composição e Propriedades. Química Nova na Escola, São Paulo, v. 6, p.3-5, nov. 1997. Disponível em:
<<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc06/quimsoc.pdf>>. Acesso em: 10 mar. 2019.
- [4] ORDÓÑEZ, Juan. A. et al. Tecnologia de Alimentos: Alimentos de Origem Animal. Tradução de Fátima Murad. Porto Alegre: Artmed, 2005. v. 2, 279 p.
- [5] FELLOWS, P. J. Tecnologia do Processamento de Alimentos: Princípios e Prática. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.
- [6] GANTNER, Vesna; MIJIĆ, Mirjana Baban; ŠKRTIĆ, Zoran; TURALIJA, Alka. The overall and fat composition of milk of various species. Mljekarstvo, [s.l.], p.223-231, 2 nov. 2015. Croatian Dairy Union. Disponível em:<https://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=218016&lang=en>. Acesso em 25 mar. 2019.
- [7] ANDRADE, Laura Hamdan de. Tratamento de efluente de indústria de laticínios por duas configurações de biorreator com membranas e nanofiltração visando o reúso. 2011. 231 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011. Disponível em:
<<http://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/987M.PDF>>. Acesso em: 17 mar. 2019.
- [8] SILVA, Danilo José Pereira da. Diagnóstico do consumo de água e da geração de efluentes em uma indústria de laticínios e desenvolvimento de um sistema multimídia de apoio. 2006. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006. Disponível em: <<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp013582.pdf>>. Acesso em: 21 mar. 2019.
- [9] CONAMA. Resolução CONAMA nº 357, de 17 mar. de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF 18 mar., 2005. Disponível em:
<<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2019.
- [11] MAPA. Resolução CONAMA nº 430, de 12 mai. de 2011. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF 16 mai., 2011. Disponível em:
<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res11/propresol_lanceflue_30e31mar11.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2019.
- [12] RODRIGUES, Alexandre Couto FRANÇA, Jacson Rodrigues; SILVEIRA, Rafael Borth da; SILVA, Rodrigo Ferreira da; ROS, Clovis Orlando Da; KEMERICH, Pedro Daniel da Cunha. Compostagem de resíduos orgânicos: eficiência do processo e qualidade do composto. Enciclopédia Biosfera, [s.l.], v. 11, n. 22, p.759-770, 11 dez. 2015. Disponível em:
<<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2015c/agrarias/compostagem%20de%20residuos.pdf>>. Acesso em: 23 mar. 2019.
- [13] BRIETZKE, Débora Tairini. Avaliação do processo de compostagem considerando a relação carbono/nitrogênio. 2016. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2016. Disponível

em:<<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/1398/1/2016DeboraTairiniBrietzke.pdf>>. Acesso em: 24 mar. 2019.

[14] FOGARTY, Andrew M.; TUOVINEN, Olli H. Microbiological Degradation of Pesticides in Yard Waste Composting. *Microbiological Reviews*, [s.l.], v. 55, n. 2, p.225-233, jun. 1991. Disponível em: <<https://mmbr.asm.org/content/mmbr/55/2/225.full.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2019.

[15] URIBE, José F.; ESTRADA, Monica; CÓRDOBA, Santiago; BEDOYA, Diana M. Evaluación de los Microorganismos eficaces (E.M) en producción de abono orgánico a partir del estiércol de aves de jaula. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuárias*, Medellín, v. 14, n. 2, p.164-172, jun. 2011. Disponível em: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/7193/1/UribeFernando_2001_EvaluacionAbonoOrgnico.pdf>. Acesso em: 13 abr. 2019.

[16] MOULIN, Jordão Cabral. Avaliação energética da maravalha gerada em uma serraria no município de Jerônimo Monteiro/ES. 2010. 39 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2010. Disponível em: <http://www.florestaemadeira.ufes.br/sites/florestaemadeira.ufes.br/files/TCC_Jordao%20Cabral%20Moulin.pdf>. Acesso em: 24 mar. 2019.

[17] CACURO, Thiago A.; WALDMAN, Walter R.. Fly-Ash from Biomass Burning: Applications and Potentialities. *Revista Virtual de Química*, [s.l.], v. 7, n. 6, p.2154-2165, 2015.

[18] BORLINI, Mônica Castoldi; SALES, H. F.; VIEIRA, Carlos Maurício Fontes.; CONTE, Rosa Ana; PINATTI, Daltro Garcia; MONTEIRO, Sérgio. Cinza da lenha para aplicação em cerâmica vermelha. parte I: características da cinza. *Cerâmica*, [s.l.], v. 51, n. 319, p.192-196, set. 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ce/v51n319/26791.pdf>>. Acesso em: 24 abr. 2019.

[19] BATTISTI, Dione Patricia; BATTISTI, José Fernando. Avaliação da eficiência do uso do esterco bovino e do em-4 na compostagem de resíduos de poda de árvores do município de medianeira - PR. 2011. 49 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnologia em Gestão Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2011. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/463/1/MD_COGEA_2011_1_10.pdf>. Acesso em: 30 mar. 2019.

[20] RAIJ, Bernardo Van; CANTARELLA, Heitor; QUAGGIO, José Antônio.; FURLANI, Ângela Maria Cangiani. (Ed.) Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. 2.ed. Campinas: IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100). Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/33593545/recomendacoes-de-adubacao-e-calagem-estado-de-sao-paulo>>. Acesso em: 25 mar. 2019.

[21] RICARDO, Tatiana Nacur Almeida. Plano de manejo de resíduos de bovinocultura leiteira de uma propriedade rural no município de santa bárbara do monte verde, mg. 2016. 64 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016. Disponível em: <<http://www.ufjf.br/engsanitariaeambiental/files/2014/02/TCC-TATIANA-vers%C3%A3o-final.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2019.

[22] GÓES, Diogo Raimundo de; SGARIBOLDI, Rodrigo. A inserção da gestão ambiental na agricultura: adubo orgânico como aliado da produção. 2010. 79 f. TCC (Graduação) - Curso de Administração, Faculdade Cenecista de Capivari, Capivari, 2010.

[23] MAPA. Instrução normativa SDA nº 25, de 23 de julho de 2009. Normas sobre as especificações e as garantias, as tolerâncias, o registro, a embalagem e a rotulagem dos fertilizantes orgânicos simples,

mistos, compostos, organominerais e biofertilizantes destinados à agricultura. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF 28 de julho, 2009. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/fertilizantes/legislacao/in-25-de-23-7-2009-fertilizantes-organicos.pdf>>. Acesso em: 13 abr. 2019.

[24] SILVA, Alinne Carla Gil da. Pequeno perfil da disponibilidade de nutrientes nos solos do estado do Rio de Janeiro. 2010. 56 f. TCC (Graduação) - Curso de Licenciatura em Química, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacaze, 2010. Disponível em: <<http://ead.uenf.br/moodle/mod/resource/view.php?id=2632>>. Acesso em: 30 mar. 2019.

[25] MAZIERO, Mateus. Eficiência do uso de nitrogênio sobre a produtividade e qualidade tecnológica de cultivares de trigo em distintos sistemas de sucessão. 2015. 56 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2015. Disponível em: <<http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/3357/TCC%20Mateus%20Ponto.docx%20Corrigido.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 01 abr. 2019.

[26] SILVEIRA, Ronaldo Luiz Vaz de Arruda. Efeito do potássio no crescimento, nas concentrações dos nutrientes e nas características da madeira juvenil de progênies de eucalyptus grandis w. hill ex maiden cultivadas em solução nutritiva. 2000. 182 f. Tese (Doutorado) - Curso de Agronomia, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000. Disponível em: <<https://www.ipef.br/servicos/teses/arquivos/silveira,rlva.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2019.

[27] ZAMBIAZZI, Everton Vinicius. Aplicação da adubação potássica na cultura de soja. 2014. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia/fitotecnia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014. Disponível em: <<http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/3451/2/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20Aplica%C3%A7%C3%B5es%20da%20aduba%C3%A7%C3%A3o%20pot%C3%A1ssica%20na%20cultura%20da%20soja.pdf>>. Acesso em: 01 abr. 2019.

[28] TOMAZ, Halan Vieira de Queiroz. Fontes, doses e formas de aplicação de fósforo na cana-de-açúcar. 2009. 94 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009. Disponível em: <<https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-24022010-093150/pt-br.php>>. Acesso em: 30 mar. 2019.

[29] ROMÃO, Rangel Leandro. Carbono orgânico em função do uso do solo. 2012. 47 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2012. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/88223/romao_rl_me_jabo.pdf?jsessionid=6008B44F4E3528817AB79EF671676FFA?sequence=1>. Acesso em: 31 mar. 2019.

[30] GOMES, Tâmara Cláudia de Araújo; SILVA, José Antonio Moura e; SILVA, Maria Sonia Lopes da. Preparo de Composto Orgânico na Pequena Propriedade Rural. Petrolina: Embrapa Agrobiologia, 2001. 2 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 53). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPATSA/27931/1/INT53.pdf>>. Acesso em: 15 de jun. 2019.

[31] SOUZA, Francisco Adriano de; AQUINO, Adriana Maria de; RICCI, Marta dos Santos Freire; FEIDEN, Alberto. Compostagem. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2001. 10 p. (Embrapa Agrobiologia. Comunicado Técnico, 50). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAB-2010/27180/1/cot050.pdf>>. Acesso em: 30 mar. 2019.

- [32] MAPA. Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos. Brasília, DF, 2014. Disponível em: < http://www.agricultura.gov.br/assuntos/laboratorios/arquivos-publicacoes-laboratorio/manual-in-5-analiticos-oficiais-para-fertilizantes-e-corretivos_com_capa_final_03.pdf >. Acesso em: 13 abr. 2019.
- [33] VICENTINI, Luciene Soares; CARVALHO, Kelen; RICHTER, Ana Simone. Utilização de Microorganismos Eficazes no Preparo da Compostagem. Rev. Bras. de Agroecologia, [s.l.], v. 4, n. 2, p.3367-3370, nov. 2009. Disponível em: <<http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/rbagroecologia/article/view/9048>>. Acesso em: 23 ago. 2019.
- [34] HECK, Karina; MARCO, Évilin G. de; HAHN, Ana B. B.; KLUGE, Mariana; SPILKI, Fernando R.; Sueli Sand, T. Van Der. Temperatura de degradação de resíduos em processo de compostagem e qualidade microbiológica do composto final. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 17, n. 1, p.54-59, jan. 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662013000100008>. Acesso em: 24 ago. 2019.
- [35] MORAES, Taciane Pupo de. Estudo dos aspectos físico-químicos da compostagem à base da casca de mandioca. 2014. 43 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnólogo em Gestão Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2014. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5498/1/MD_COGEA_2014_2_13.pdf >. Acesso em: 24 ago. 2019.
- [36] OLIVEIRA, Emídio Cantídio Almeida de; SARTORI, Raul Henrique; GARCEZ, Tiago B. Compostagem. 2008. 19 f. Monografia (Especialização) - Curso de Solos e Nutrição de Plantas, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Compostagem_000fhc8nfqz02wyiv80efhb2adn37yaw.pdf >. Acesso em: 22 set. 2019.
- [37] MATERECHERA, S.A; MKHABELA, T.S. The effectiveness of lime, chicken manure and leaf litter ash in ameliorating acidity in a soil previously under black wattle (*Acacia mearnsii*) plantation. Bioresource Technology, [S.l.], v. 85, n. 1, p.9-16, out. 2002. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852402000652>>. Acesso em: 29 set. 2019.
- [38] EGHBALL, Bahman; POWER, James F.; GILLEY, John E.; DORAN, John W. Nutrient, Carbon, and Mass Loss during Composting of Beef Cattle Feedlot Manure. Journal Of Environment Quality, [s.l.], v. 26, n. 1, p.189-193, 1997. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/3621/69b61b46ff4dd58744854c9146dcc304ce8b.pdf> >. Acesso em: 29 set. 2019.
- [39] MARZZOCO, Anita; TORRES, Bayardo B. Bioquímica básica. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1999. 386 p.
- [40] ECKHARDT, Daniel Pazzini; REDIN, Marciel; SANTANA, Natielo Almeida; CONTI, Lessandro de; DOMINGUEZ, Jorge; JACQUES, Rodrigo Josemar Seminoti; ANTONIOLLI, Zaida Inês. Cattle Manure Bioconversion Effect on the Availability of Nitrogen, Phosphorus, and Potassium in Soil. Revista Brasileira de Ciência do Solo, [s.l.], v. 42, p.1-10, 26 jul. 2018. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832018000100527>. Acesso em: 29 set. 2019.
- [41] BONILLA, German Andres Estrada. Efeito da inoculação de bactérias mobilizadoras de fósforo na compostagem e no desenvolvimento da cana-de-açúcar. 2015. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de

Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, University of São Paulo, Piracicaba, 2015.
doi:10.11606/T.11.2015.tde-29092015-164939.

[42] UTEMBERGUE, B. L; AFONSO, E. R; PEREIRA, Angélica Simone Cravo. Manejo de dejetos em confinamento de bovinos de corte. Anais. Pirassununga: USP/FMVZ, 2013. Disponível em: <http://www.sisca.com.br/resumos/SISCA_2013_020.pdf>. Acesso em: 29 set. 2019.