



MICHEL JULIÃO PINHEIRO DE PAES

PRODUÇÃO DE BIOCOMPOSTAGEM DE VÍSCERAS

INCONFIDENTES – MG
2012

MICHEL JULIÃO PINHEIRO DE PAES

PRODUÇÃO DE BIOCOMPOSTAGEM DE VÍSCERAS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como pré-requisito de conclusão do curso de Graduação Tecnológica em Gestão Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Inconfidentes, para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. D Sc. Éder Clementino dos Santos

**INCONFIDENTES – MG
2012**

MICHEL JULIÃO PINHEIRO DE PAES

PRODUÇÃO DE BIOCOMPOSTAGEM DE VÍSCERAS

Data de aprovação: 23 de Abril 2012

**Orientador: Prof. D Sc. Éder Clementino dos Santos
(IFSULDEMINAS, Campus Inconfidentes)**

**Co - orientador: Odilon França Neto
(IFSULDEMINAS, Campus Inconfidentes)**

**Membro 1: Prof. D Sc. José Luiz de Andrade Rezende Pereira
(IFSULDEMINAS, Campus Inconfidentes)**

DEDICATÓRIA

Este trabalho é dedicado primeiramente a Deus. Por ter me iluminado e me dado forças para enfrentar as barreiras nessa caminhada.

Dedico este trabalho aos meus pais Maria Vianeide Pinheiro e Onezimo Julião de Paes, e a minha irmã Hellen Pinheiro de Paes e ao meu irmão Wagner de Oliveira Pinheiro, por terem me dado forças, amor e respeito.

Dedico este trabalho também a Letícia Mendes da Costa e sua Família que me deram muito apoio e força.

Dedico as minhas filhas belinha e guia, que amo.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus, por me iluminar. Muito Obrigado.

Agradeço a todos que me ajudaram de alguma forma, no desenvolver deste trabalho. Agradeço a Rép Néctar onde passei três anos da minha vida, e tive bons momentos aqui.

Agradeço Inconfidentes por minha estadia nesta cidade.

Agradeço ao Zé, Dona Lucia, Dona Maria, Vicente, Júlia, Gonçalo e demais que me acolheram na cidade, o meu muito obrigado.

Agradeço aos meus companheiros de Rép Léo, Beilinho e Xandão, que vivemos grandes desafios e alegrias nesse período. Também agradeço ao Piu, Píncel e o Tapioca, os três novos néctars da república, onde nos conhecemos pouco mas já nos tornamos grande companheiros.

Agradeço a minha sala onde fiz grandes amigos como Débora, Carol, Luana, Rodrigo, Gustavo, Charles, Rafael (titaco), Priscila, Cristiano e Paulinha.

Agradeço demais a Débora que foi uma pessoa que me ajudou demais. T.A.F.

Agradeço a Mickaella que me ajudou na formatação. A Raíssa que me ajudou na tradução.

Agradeço também as pessoas que me ajudaram na elaboração desse TCC como, meu Orientador Éder, Odilon, José Luiz, Taciano, Godoy, Wilson e os demais que me ajudaram.

Muito Obrigado

RESUMO

Os resíduos do abatedouro do Instituto Federal Sul de Minas Campus Inconfidentes – MG tornou-se um grande problema para o mesmo, pois não se encontra no instituto nenhuma forma alternativa de tratamento dos mesmos. Os resíduos são gerados em média de 140 quilos semanais de vísceras de suínos e bovinos, que são abatidos dois suínos e um bovino por semana, podendo aumentar quando ocorre o abate de aves e coelhos, podendo chegar a 240 quilos semanais de resíduos. O trabalho visa uma destinação adequada dos resíduos de origem animal, através da construção de uma composteira para a manipulação e reciclagem dos mesmos, diminuindo assim, a degradação ambiental, uma vez que os resíduos dos animais (carcaça) são dispostos em fossa negra ou a céu aberto já condenado pela legislação ambiental e órgãos regulatórios. A composteira que foi construída no IFSM seguiu o modelo proposto pela literatura com algumas adaptações. A composteira foi construída de alvenaria, coberta de telha de aço e tem uma área construída de 9,0 m x 3,0 m totalizando 27,0 m² corresponde 225 % maior que a área do modelo original. Os materiais utilizados foram as vísceras de bovino, a maravalha de madeira e o esterco de bovino. A montagem da composteira foi realizada da seguinte forma: uma camada de 30 cm de maravalha de madeira (20 kg), em seguida de uma camada de 82,5 kg de vísceras de bovino, outra camada de 15 cm de esterco (59,3 kg) e uma camada de 15 cm de maravalha de madeira e mais 41L de água para manter umidade em trono de 60%. Foram analisados alguns parâmetros como a temperatura, umidade, FDA (fibra em detergente ácido), FDN (fibra em detergente neutro), determinação de proteína, a análise completa de solo, coliformes totais e aeróbios mesófilos. De acordo com os resultados encontrados a temperatura mínima na fase termófila foi evidenciada em 4 pontos dos pontos analisados, onde se caracterizou no valor mínimo correspondente à faixa de 25° C a 45° C, no entanto, o ponto 5 atingiu a faixa termófila considerada ótima com a temperatura máxima em média de 54,4 ° C. A umidade do biocomposto ficou em torno de 57,65%, onde todos os pontos analisados conseguiram ficar no limite de umidade estabelecido pela literatura, que foi de 50 a 60%. O FDA encontrado na maravalha de madeira foi de 11,90% e no esterco de 48,14%, já o FDN da maravalha de madeira foi de 80,04% e do esterco de 80,76%. Na análise de composto realizado mostrou que ele tem em média 378,25 mg/dm³ de fósforo; 1.983,16 mg/dm³ de potássio; 3,55 cmol/dm³ de cálcio; 17,35 cmol/dm³ de magnésio; 98 mg/dm³ de zinco; 353,56 mg/dm³ de ferro e 196,68 mg/dm³ de manganês a além de apresentar valores satisfatórios de matéria orgânica com média de 17,36 cmol/dm³. As análises microbiológicas de aeróbios mesófilos e coliformes totais apresentaram grande concentração desses microorganismos, sendo a média dos aeróbios mesófilos em torno de 3,46 x 10⁵ UFC/g e a dos coliformes totais >1100 NMP/g de amostra. Deste modo O biocomposto formado pode ser usado na área agrícola para a adubação de culturas perenes, como por exemplo, café e o pomar do instituto. No entanto, o uso na área animal como suplemento alimentar fica prejudicado em função da presença de microrganismos no composto, não atendendo as prerrogativas legais. Necessita-se com este estudo a realização de mais trabalhos correlacionados com esta linha de pesquisa no instituto, assim também, de servir de referência quando abordado o respectivo assunto de gestão adequada de resíduos de origem animal.

Palavra chave: biocompostagem, vísceras de bovino, maravalha de madeira, esterco, composto.

ABSTRACT

The waste from the slaughterhouse of the Instituto Federal Sul de Minas Campus Inconfidentes - MG has become a major problem for them, because there was no way in the institute to an alternative treatment for the same. The waste is generated on average 140 pounds weekly viscera of swines and bovines, that are slaughtered a cow and two pigs per week, which could increase occurs when the slaughter of poultry and rabbits, reaching 240 pounds of waste per week. The work aims to an appropriate destination of waste of animal origin, by constructing a composter for proper manipulation and recycling of the same, thereby reducing environmental degradation, since the animal waste (carcass) are disposed in cesspits or open pit already condemned by environmental legislation and regulatory agencies. The compost that was constructed in IFSM followed the model proposed in the literature with some adaptations. The composter was built of masonry, covered with steel tile and has a building area of 9.0 m x 3.0 m corresponds to a total of 27.0 m² 225% greater than the area of the original model. The materials used were the guts and bovine manure, and the wood shavings. The assembly of composting was carried out as follows: A 30 cm layer of shavings of wood (20 kg), then a layer of 82.5 kg of bovine organs, another layer of the manure 15 cm (59.3 kg) and a layer of 15 cm and more wood shavings 41L of water to maintain moisture in seat 60%. The mountain of composting was carried out as follows: A 30 cm layer of shavings of wood (20 kg), then a layer of 82.5 kg of bovine viscera, another layer of the manure 15 cm (59.3 kg) and a layer of 15 cm of wood shavings and more 41L of water to maintain humidity around 60%. Were analyzed some parameters such as temperature, moisture, ADF (acid detergent fiber), NDF (neutral detergent fiber), protein determination, full analysis of soil, total coliforms and aerobic mesophyll. According to the results, the minimum temperature in the thermophilic phase was detected in four points of the points analyzed, characterized where the minimum value corresponding to the range of 25 ° C to 45 ° C, however, the section 5 has reached the thermophilic range considered optimal with an average maximum temperature of 54.4 ° C. The humidity of the bio compound was around 57.65%, where all analyzed points was able to stay within the limits established in the literature of moisture, which was 50-60%. The ADF founded in the wood shavings was of 11.90% and 48.14% for manure, but the NDF of wood shavings was 80.04% and 80.76% of the manure. The analysis of the compound showed that it has on average 378.25 mg / dm³ of phosphorus; 1983.16 mg / dm³ of potassium, 3.55 cmol / dm³ of calcium, 17.35 cmol / dm³ of magnesium, 98 mg / dm³ of zinc, 353.56 mg / dm³ of iron and 196.68 mg / dm³ of manganese besides presenting satisfactory values of organic matter with an average of 17.36 cmol / dm³. Microbiological analyzes of aerobic mesophiles and total coliforms showed high concentration of these microorganisms, with an average of aerobic mesophilic around 3.46 x 10⁵ CFU / g and of total coliforms > 1100 MPN / g of sample. Thus, the formed biocompound can be used in agriculture for fertilization of perennial crops such as coffee and the orchard of the institute. However, the use in the animal area as food supplement is impaired due to the presence of microorganisms in the compost, not meeting the legal prerogatives. It takes, with this study, more work related to this line of research at the institute, also serving as a reference when approaching the subject matter of proper management of animal waste.

Keyword: biocompostagem, bovine viscera, wood shavings, manure, compost.

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Compostagem ou Biocompostagem	13
2.2 A compostagem de carcaças de animais e vísceras	14
2.4 Principais fatores que afetam o processo de compostagem.....	15
2.4.1 Temperatura.....	15
2.4.2 Umidade	15
2.4.3 Aeração.....	16
2.4.4 Microrganismos	17
2.4.5 pH	18
2.4.6 Relação C/N.....	19
2.4.7 Tamanho das Partículas	20
2.5 Qualidade do Composto Formado	21
2.6 Legislação ao Composto Orgânico.....	22
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
3.1 Local do experimento	25
3.2 Materiais Utilizados.....	27
3.3 Mortalidade.....	28
3.4 Levantamento de Abates	28
3.5 Montagem da Composteira.....	29
3.6 Análises Estatísticas	31
3.7 Análises realizadas	31
3.7.1 Análise de temperatura	31
3.7.2 Análise de umidade	32
3.7.3 FDA (fibra em detergente ácido).....	33
3.7.4 FDN (fibra em detergente neutro)	34
3.7.5 Determinação de Nitrogênio do Biocomposto Formado	35
3.7.6 Análise completa do composto formado	37
3.7.7 Relação Carbono/Nitrogênio	37

3.7.8 Análise microbiológica.....	38
3.7.8.1 Análise Aeróbios Mesófilos.....	28
3.7.8.2 Análise microbiológica de coliformes totais.....	28
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	39
4.1 Temperatura.....	39
4.2 Umidade	45
4.3 FDN e FDA	46
4.4 Análise completa de composto	50
4.5 Relação Carbono/Nitrogênio	52
4.6 Análises microbiológicas.....	53
4.6.1 Análise Aeróbios Mesófilos	53
4.6.2 Análise microbiológica de coliformes totais	53
4.7 Biocomposto formado	54
5. CONCLUSÕES	56
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
7. ANEXOS.....	63
7.1 Anexo 1	63
7.2 Anexo 2	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Construção da composteira (Fonte: Paes, 2011).....	16
Figura 2. Construção da composteira (Fonte: Paes, 2011).....	16
Figura 3. Vista lateral da composteira (Fonte: Paes, 2011).....	16
Figura 4. Vista frontal da composteira (Fonte: Paes, 2011).....	16
Figura 5. Baia inteira da composteira (Fonte: Paes, 2011).....	16
Figura 6. Baia dividida em 4 quadrantes (Fonte: Paes, 2011).....	16
Figura 7. Maravalha de madeira (Fonte: Paes, 2011).....	20
Figura 8. Vísceras de bovino (Fonte: Paes, 2011).....	20
Figura 9. Abertura das vísceras (Fonte: Paes, 2011).....	20
Figura 10. Esterco bovino (Fonte: Paes, 2011).....	20
Figura 11. Termômetro RUCKEN modelo RPDT-700 (Fonte: Paes, 2011).....	21
Figura 12. Pontos de mensuração da temperatura (Fonte: Paes, 2011).....	21
Figura 13. Ponto 5 temperatura máxima (Fonte: Paes, 2011).....	29
Figura 14. Índice de mensuração da temperatura ponto 1 (Fonte: Paes, 2012).....	30
Figura 15. Índice da mensuração da temperatura ponto 2 (Fonte: Paes, 2012).....	31
Figura 16. Índice da mensuração da temperatura ponto 3 (Fonte: Paes, 2012).....	31
Figura 17. Índice da mensuração da temperatura ponto 4 (Fonte: Paes, 2012).....	32
Figura 18. Índice da mensuração da temperatura ponto 5 (Fonte: Paes, 2012).....	33
Figura 19. Índice da mensuração da temperatura média de cada ponto (Fonte: Paes, 2012).....	34
Figura 20. Índice da mensuração da temperatura média de cada ponto (Fonte: Paes, 2012).....	35
Figura 21. Índice da mensuração do pH de cada ponto e a média (Fonte: Paes, 2012).....	40
Figura 22. Relação C/N (Fonte: Paes, 2012).....	42
Figura 23. Minhocas encontradas no biocomposto (Fonte: PAES, 2012).....	45
Figura 24. Imagem de uma minhoca no biocomposto (Fonte: Paes, 2012).....	45

1. INTRODUÇÃO

Nos dias atuais o setor zootécnico de produção animal tem passado por expressivo crescimento em função da demanda de mudanças de hábitos na alimentação (proteína animal) e seus derivados, que são essenciais para a nutrição do homem. Essa grande demanda tem substabelecido uma grande preocupação na cadeia de produção que é a geração de resíduos de origem animal, sendo estes, de tal sorte, de origem do abatedouro ou da mortalidade nos sistemas de criação intensiva.

Os resíduos do abatedouro do Instituto Federal Sul de Minas Campus Inconfidentes – MG tornou-se um grande problema para o mesmo, pois não se encontra no Instituto nenhuma forma alternativa de tratamento ou destinação dos mesmos. O abatedouro do IFSM Campus Inconfidentes de resíduos produz cerca de 140 quilos semanais de vísceras de suínos e bovinos, onde são abatidos dois suínos e um bovino por semana, podendo aumentar quando na mesma semana o abate de aves e coelhos, podendo chegar a 240 quilos semanais de resíduos só do abatedouro. No setor de criação animal também pode haver a mortalidade de animais sendo os mais frequentes as aves e coelhos, gerando uma média de 10 quilos por semana podendo aumentar em determinadas épocas do ano (IFSM Campus Inconfidentes, 2011).

A geração de resíduos de origem animal no instituto além de ser significativa é substancialmente problemática para as questões ambientais, de tal sorte que mereceu ser analisada e submetida uma busca de proposta alternativa para a solução do problema. Assim, uma forma na busca dessa solução seria compostagem que é definida por Pedroso de Paiva (2004) “compostagem como uma reciclagem dos resíduos orgânicos, de baixo custo de mão de obra e é ambientalmente correto para a destinação dos animais mortos”. Deste modo, a compostagem nada mais é do que uma alternativa viável a produtores rurais, pois não causa poluição do ar ou das águas, destrói patógenos presentes no composto, e com um manejo

adequado evita a formação de odores. Com isso, o produto final da compostagem - composto orgânico - poderá ser utilizado no solo, reciclando nutrientes e apresentando custos competitivos com qualquer outro sistema de destinação de carcaças, visando a busca de melhores resultados e eficiência na forma e uso do composto orgânico.

Nesse contexto, tornou-se viável a construção de uma composteira para o IFSM Campus Inconfidentes. Tendo assim uma destinação de seus resíduos do abatedouro e do setor zootécnico, diminuindo assim, a degradação ambiental, uma vez que os resíduos dos animais (carcaça) são dispostos em fossa negra ou a céu aberto já condenado pela legislação ambiental e órgãos regulatórios.

Assim o trabalho visou uma destinação adequada dos resíduos de origem animal, para a sua manipulação e reciclagem dos mesmos. Após essa reciclagem dos materiais pelo processo de biocompostagem eles podem ser utilizados como adubo para o enriquecimento do solo e culturas, no Instituto nos diversos setores agrícolas. Assim também, o respectivo projeto poderá servir para fomentar outros trabalhos correlacionados com este tema.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Compostagem ou Biocompostagem

Segundo Kiehl (1985) citado por Junkes (2002), o vocabulário inglês “compost”, deu origem à palavra composto, indicando os termos compostar e compostagem, indicando o ato de se preparar um adubo orgânico.

Fernandes e Silva (1999) define a compostagem como um processo de decomposição oxidativo biológico aeróbio e controlado de transformação de resíduos orgânicos em produto estabilizado, com propriedades e características completamente diferentes do material que lhe deu origem.

Mukhtar el al. (2004) citado por Paiva (2008), define compostagem como um processo de decomposição biológica natural, com as seguintes etapas na degradação da matéria orgânica, sendo a primeira a estabilização da biomassa com predominância de reações aeróbias; seguida do desenvolvimento de populações de microorganismos termofílicos, gram-positivos, bacilos formadores de esporos, fungos e actinomicetos; a também a conservação de material orgânico complexo como proteínas, ligninas, celuloses, hemiceluloses e algumas substâncias inorgânicas (água, dióxido de carbono e amônia). A última etapa a geração do produto final ou “húmus”, um material humificado, consistente, marrom escuro, parecido com solo e que contém, basicamente, bactérias mesofílicas.

Segundo Kiehl (1985) a compostagem tem função de transformar material orgânico em substância humificada, estabilizada, com propriedades e características completamente diferentes do material que lhe deu origem.

Atualmente a compostagem de material orgânico tem sido muito falada no Brasil e no mundo, por se tratar de uma alternativa viável, de baixo custo e sanitariamente eficiente na eliminação de patógenos de resíduos sólidos submetidos a este método (Mônica et al.,

2008). Esta compostagem pode ser feita a partir de resíduos orgânicos convencionais, restos de culturas e animais mortos (Mukhtar et al. 2004, citado por Paiva 2008).

O processo de compostagem se classifica segundo as fases de temperatura que a matéria orgânica atinge, sendo elas: criófila, mesófila (45 a 55 °C) e termófila (acima de 55 °C). Na fermentação aeróbia a massa se aquece por efeito do metabolismo exotérmico dos microrganismos, alcançando uma faixa de temperatura considerada mesófila e posteriormente termófila, quando será maximizada a atividade microbiológica de degradação e higienização (1º fase do processo de compostagem), e a fase de maturação ou cura, quando ocorrem a humificação e a produção do composto propriamente dito que é a 2º fase do processo (Pereira Neto e Stentiford, 1992).

2.2 A compostagem de carcaças de animais e vísceras

Animais mortos, restos de parição e vísceras de abatedouros e frigoríficos, quando dispostos em ambientes abertos predispõe às doenças (zoonoses), proliferação de moscas, aparecimento de animais silvestres além é claro, da produção de odores contaminando ar, solo e lençol freático, sendo tudo isto causado pela decomposição natural destes materiais. Dessa forma, a compostagem poderá servir como uma alternativa para esses resíduos, pois este processo auxilia na decomposição controlada destes materiais, que antes eram jogados em ambientes a céu aberto, valas, incinerados e em fossas sépticas.

Segundo Paiva (2008) a compostagem de animais mortos é uma prática nova, sendo mais praticado a compostagem de resíduos orgânicos de origem urbana e agrícola. O mesmo autor afirma que essa compostagem de carcaças de animais deve ocorrer de tal forma que as carcaças deverão ser colocadas em camadas entre materiais palhosos e esterco, e assim, permitir sua decomposição natural e a redução de sua massa (Epa, 1999 citado por Paiva, 2008).

Na compostagem são usados alguns materiais para servir de substrato para o processo fermentativo da compostagem, como materiais orgânicos de origem vegetal ou animal que se encontram poluindo o meio ambiente ou sem destinação adequada nas propriedades agrícolas, podem ser usados na fabricação de compostos. Os materiais que são mais utilizados para o processo de compostagem são restos de cultura; palhas e cascas (milho, arroz, palhada de feijão); vagem; bagaço de cana; palha de carnaúba; palha de café; serragem; sobra de cocheiras e camas de animais (Silva, 2008).

2.4 Principais fatores que afetam o processo de compostagem

2.4.1 Temperatura

A degradação da matéria orgânica no processo de compostagem é feita através de microrganismos que no seu processo de metabolismo liberam calor para o meio (Silva, 2008). Este calor liberado ajuda no controle e eficiência do processo de compostagem (FEAM, 2002). Com isso a temperatura é um dos principais parâmetros de avaliação da compostagem. Segundo Kiehl (1985) a temperatura média na compostagem apresenta uma variação mínima e máxima que é definida em duas etapas: termofílica que compreende em média de 45 a 85° C e a mesofílica que compreende em média de 25 a 43° C (Tabela 1).

Tabela 1 – Valor médio da temperatura mínima e máxima para as bactérias (°C)

Bactérias	Mínima	Ótima	Máxima
Termófila	25 a 45°C	50 a 55°C	85°C
Mesófila	15 a 25°C	25 a 40°C	43°C

Fonte: Kiehl, 1985.

A elevação da temperatura nos primeiros dias de compostagem permite a destruição de agentes patogênicos. Para a eliminação desses microrganismos a temperatura do processo deve atingir valores superiores a 55°C por 4 a 5 dias, destruindo a maioria dos patógenos. Testes realizados mostraram a destruição de bactérias como a que causa a erisipela (*Erysipela rhusiopathiae*) e as causadoras de diarreias (como a *Salmonella sp.*), além de vírus como o da doença de Aujeszky, Gumboro e New Castle. (Pedroso de Paiva, 2004).

Oliveira et. al., (2008) divide a compostagem em quatro etapas, sendo: 1ª) Fase mesofílica: onde ocorrem temperaturas inferiores a 40° C, tendo duração de 2 a 5 dias; 2ª) Fase termofílica: onde ocorre temperaturas máximas (>40° C), nessa fase o material é degradado mais rapidamente. A duração dessa fase pode ser de poucos dias a meses, de acordo com a composição do material compostado; 3ª) Fase de resfriamento: é a fase onde o material começa a perder calor chegando à temperatura ambiente; 4ª) Fase da maturação: é a fase que à estabilização e humificação do material, livre de microrganismos patogênicos.

2.4.2 Umidade

A água é de fundamental importância para atividade microbiana, onde os microrganismos precisam de um ambiente totalmente favorável ao seu desenvolvimento, os

microorganismos têm a composição de aproximadamente 90% de água. Outro fator que mostra a importância da umidade é o fato de que os nutrientes necessários para o metabolismo dos microorganismos necessitam de serem dissolvidos em água para a sua absorção (Paiva, 2008).

A umidade no processo deve ser em média de 50 a 60%, onde deverá ser considerado ideal para a proliferação dos microorganismos. No entanto, com a umidade abaixo de 35-40% a decomposição da matéria orgânica é fortemente reduzida e abaixo de 30% o processo é interrompido. O excesso de umidade no processo também causa interferência na decomposição dos materiais. Uma umidade acima de 65% retarda a decomposição, e traz prejuízo à aeração, uma vez que a água estará ocupando o espaço poroso destinado ao ar. Com excesso de umidade pode haver a formação de odores em zonas de anaerobiose localizadas no interior da pilha de compostagem (Brito, 2006).

Por outro lado, uma maneira de avaliar se a umidade estará dentro dos padrões será fazer um teste simples. Este teste consiste em pegar o material que está sendo compostado no interior da pilha e comprimi-lo na mão com bastante força. O ponto ideal da umidade será quando a água começar a verter entre os dedos (Nunes, 2009).

2.4.3 Aeração

A aeração é importante no processo de compostagem, onde o oxigênio é de vital valia para a oxidação biológica do carbono dos resíduos orgânicos, onde ocorre a produção de energia necessária ao metabolismo dos microorganismos no processo de decomposição e o restante da energia é liberado em forma de calor (Oliveira, 2008). Uma aeração correta no interior da leira favorece a sobrevivência e as atividades dos microorganismos, sendo uma condição ideal para a fermentação dos materiais que serão compostados (Nunes, 2009).

É interessante ressaltar que deverá haver espaços vazios para que ocorram trocas gasosas no material que se encontra em decomposição nas leiras. Para isso, as leiras de compostagem não podem ser muito altas para que não ocorra a compactação na camada inferior da pilha, pois pode haver o risco da ocorrência de fermentação anaeróbica, inadequada para a compostagem, podendo causar odor indesejável e aparecimento de moscas (Silva, 2008).

Segundo Brito (2006), a aeração fornece para o composto o oxigênio necessário aos microorganismos, remove o excesso de umidade e diminui o calor da massa em compostagem. A falta de oxigênio no processo resulta em compostos incompletamente oxidados como ácidos graxos voláteis (AGV) e metano (CH₄).

A aeração pode ser controlada de duas maneiras: sistema aberto ou artesanal e sistema fechado ou mecânico. A primeira maneira de aeração é a mais barata e trabalhosa, pois usa mão de obra humana como o revolvimento manual ou a colocação de túnel feito com tábuas, varas de madeira e feixes de bambus. Onde estes fornecem a aeração do decorrer do processo, quando são tirados, deixando um espaço vago, para a entrada de oxigenação. A segunda maneira de aeração é a mais cara, pois torna-se necessária a implantação de máquinas ou reatores que irão fazer a circulação forçada de ar na leira. A leira geralmente é construída sobre tubulações perfuradas pelo piso do pátio da compostagem, onde o ar é injetado e aspirado na composteira, facilitando assim a entrada e saída de trocas gasosas (Kiehl, 1985; Melo 2007; Paiva, 2008).

Segundo Kiehl (1985) os materiais que tem granulometria grosseira e consistência firme são mais difíceis de compactação, pois tem estrutura resistente. Com isso, utilizando esses materiais garante-se uma melhor aeração, pois eles agüentam a pressão exercida pelas camadas superiores. Ainda de acordo com o autor, a concentração de gás carbônico em média acima de 3% faz com que a fermentação perca a intensidade; e se o valor passar em média de 10% o processo é paralisado. Portanto, é preferível que o teor de oxigênio no processo seja superior a 10% e preferivelmente, em média acima de 17%.

2.4.4 Microrganismos

Os microrganismos são os principais responsáveis pela degradação da matéria orgânica no processo de compostagem. Deste modo o processo também é chamado de biocompostagem, “bio” de vida e “compostagem” de processo biológico de decomposição monitorada da matéria orgânica contida em restos de origem animal ou vegetal. No processo de compostagem à presença de organismos vivos como bactérias, fungos, actinomicetes e insetos dentre outros (Kiehl, 1985).

Kiehl (1985) descreveu que os microrganismos são os principais responsáveis pela conversão da matéria orgânica crua, biodegradável em matéria prima orgânica humificada. Os microrganismos presentes no processo vão surgindo naturalmente no meio, sendo chamado pelo autor de organismos indígenas, classificados como bactérias, fungos e actinomicetes (Kiehl,1985).

No processo de decomposição ocorre uma sucessão natural dos organismos, pois ocorre interferência dos fatores climáticos tais como a temperatura, umidade, disponibilidade de oxigênio, relação carbono/nitrogênio e o pH, sendo esses fatores responsáveis pela

mudança da população de microrganismos no processo, onde esses microrganismos vão morrendo e cedendo lugar a outros organismos diferentes (Kiehl, 1985).

No processo de decomposição da matéria orgânica à liberação de enzimas ao exterior, onde estas enzimas tem a finalidade de quebrar grandes moléculas (proteínas, lipídeos, polissacarídeos, entre outras) em moléculas menores (aminoácidos, ácidos graxos, monossacarídeos, entre outras). Na quebra das grandes moléculas a liberação de alguns macronutrientes para as plantas como, por exemplo, fósforo (P), potássio (K) e magnésio (Mg), onde esses elementos ficam disponíveis as plantas, para a sua absorção (Coelho, 2008).

Os microrganismos responsáveis pela degradação desses materiais são as bactérias termófilas que realizam seu trabalho decompondo açúcares, amidos, proteínas e outros compostos orgânicos de fácil digestão. Os fungos e actinomicetes decompõem a celulose e outros materiais mais resistentes; na fase final do processo de compostagem (Kiehl, 1985).

2.4.5 pH

A mensuração do pH é um fator relativamente fácil de ser determinado, de tal sorte que segundo Kiehl (1985) descreveu que o pH fornece informação sobre o processo de decomposição da matéria orgânica que está em fermentação.

De acordo com Kiehl (1998) citado por Fernandes & da Silva (s/d) o pH em média de 6,0 indica a fase inicial do processo de compostagem com o pH ácido, apresentando fitotoxicidade. Com o pH na faixa entre 6,0 e 7,5 o composto está estabilizado e com pH acima de 7,6 o composto está maturado. Assim, os valores de pH baixos indicam uma falta de maturação, o que pode ter sido ocasionada pela curta duração do processo de compostagem ou à ocorrência de processos anaeróbios no interior da pilha em compostagem (Oliveira et al., 2008).

A decomposição da matéria orgânica pelas bactérias e fungos, a liberação de ácidos que se acumulam e acidificam o meio. Este abaixamento do pH favorece o crescimento de fungos e a decomposição da celulose e da lignina, que são os constituintes de fibra ácida detergente (FDA). Posteriormente estes ácidos são decompostos até serem completamente oxidados. No decorrer do processo de compostagem não pode haver escassez de oxigênio, pois o pH poderá ser reduzido a valores inferiores a 4,5 e limitar a atividade microbiana, retardando o processo de compostagem. Nestes casos deve se remexer as pilhas para que o pH possa voltar a níveis compatíveis de fermentação (Brito, 2006; Oliveira et al., 2008). Deste

modo, a faixa ideal de pH para o processo de compostagem deve ser em torno de 6 a 7,5 para as bactérias e para os fungos entre 5,5 e 8,0 (Pereira Neto, 2004).

2.4.6 Relação C/N

Os microrganismos são mais ativos em função da disponibilidade de nutrientes que serviram de fonte de energia e de material para a síntese de constituintes celulares. O carbono é usado pelos microrganismos como fonte de energia para a oxidação metabólica assim também precursor de extrema importância na síntese da parede celular, protoplasma e outras estruturas celulares. A oxidação do carbono gera o dióxido de carbono que é o principal responsável pela perda de massa e geração de calor, características dos processos de compostagem. O nitrogênio é usado na síntese de material celular, sendo o principal constituinte do protoplasma. Sem o nitrogênio no processo não ocorre o crescimento microbiano, no entanto, a atividade microbiana e a síntese de ácidos orgânicos, são possíveis na ausência de nitrogênio. O nitrogênio incorporado às células microbianas torna-se disponível quando esses microrganismos morrem (Azevedo, 1993; Golueke e Diaz, 1990 e Graves et. al., 2000 citados por Paiva 2008).

A relação entre carbono e nitrogênio para o processo de compostagem, é um fator determinante para a eficiência do processo. A relação entre esses nutrientes, conhecida como C/N, determinará a velocidade da decomposição, a elevação da temperatura no processo e a perda de nitrogênio por volatilização (Paiva, 2008).

O equilíbrio da relação C/N é um fator de fundamental importância na compostagem, pois cria condições para a fixação de nutrientes, de forma que possam ser posteriormente liberados por meio do composto. Deste modo a relação C/N na fase inicial do processo deve ser de 30/1, sendo aceita como ótima para a atividade biológica, assim a fase final do processo vai atingir uma relação C/N de 18/1 (Carli, 2010).

Segundo Kiehl (1998) citado por Oliveira et. al., (2008) o acompanhamento da relação C/N durante a compostagem permite conhecer o andamento do processo, pois quando o composto atinge a semicura, ou bioestabilização, a relação C/N se situa em torno de 18/1, e quando atinge a maturidade, ou seja, transformou-se em produto acabado ou humificado, a relação C/N se situa em torno de 10/1.

Durante a compostagem metade ou mais da pilha será perdido com a decomposição dos materiais. O carbono é perdido mais rapidamente que o nitrogênio, com isso diminui a relação C/N, onde esta relação pode diminuir de 30/1 para valores inferiores a 15/1 (Brito, 2006).

Segundo Kiehl (1985) a compostagem que tem muito resíduo animal rico em proteína, recomenda-se juntar restos vegetais celulósicos para elevar a relação C/N a um valor próximo do ideal, que é de 33/1, para matéria prima a ser decomposta.

A aplicação no solo dos resíduos orgânicos crus, com relação C/N muito baixas ou muito altas, pode ocasionar problemas a cultura. Se a relação for baixa haverá o despreendimento da amônia, danosas a planta. Isto acontece em determinados resíduos de animais e com o lodo ativado rico em nitrogênio. Ao contrario se, a relação for alta como nos materiais essencialmente palhosos, ricos em celulose haverá consumo de nitrogênio do solo pelos microrganismos, causando deficiência temporária as plantas, reconhecida pelo amarelecimento das folhas (clorose) ou até mesmo se a dose do resíduo for elevada, podendo levar a morte das mesmas (Kiehl, 1998 citado por Silva, 2008).

2.4.7 Tamanho das Partículas

Em relação ao tamanho das partículas, quanto menor o tamanho das partículas dos resíduos orgânicos e mais variada a sua composição, mais rápida é a compostagem. Portanto, picar ou retalhar os materiais a serem compostados aceleram a decomposição (Coelho, 2008).

A dimensão das partículas dos materiais que serão compostadas é de fundamental importância, de tal forma que o processo de decomposição inicia-se junto à superfície das partículas, onde exista oxigênio difundido, umidade e onde o substrato seja acessível aos microrganismos e às suas enzimas extracelulares. As partículas de dimensão pequena tem a superfície especifica maior, sendo assim decompostas mais rapidamente como um arejamento adequado (Oliveira et. al., 2008).

O tamanho das partículas deve ser em torno de 2 a 8 cm. Abaixo deste tamanho seria necessário utilizar sistemas de ar forçado, pois aumenta a superfície especifica dos materiais, gerando um risco de compactação e falta de oxigênio. Já para os valores de partículas superiores a 8 cm podem representar satisfatórios para as pilhas mais estáticas e sem arejamento (Brito 2006).

Segundo Mukhtar et. al., (2004) citado por Paiva (2008) a compostagem de animais mortos devem ter comprimentos de 2,5 a 5,0 cm. O autor também recomenda a incorporação de materiais estruturantes, com objetivo de facilitar a aeração da pilha de compostagem.

2.5 Qualidade do Composto Formado

O composto formado chamado de “húmus” é homogêneo, totalmente bioestabilizado, de cor escura e rica em partículas coloidais que, quando aplicado ao solo, melhora suas características físicas, químicas e biológicas para uso agrícola (Kiehl, 1985).

A qualidade do composto formado vai depender de três características tais como a física, química e biológica. A física o composto deve ter umidade baixa, temperatura idêntica à do ambiente, odor a terra e cor escura. Enquanto a característica química o composto deve ter elevada percentagem de matéria orgânica, baixa relação C/N, pH neutro ou ligeiramente alcalino, elevada capacidade de troca catiônica, baixa condutividade elétrica, maior concentração de nitrogênio nítrico do que amoniacal, elevada concentração de nutrientes, baixa concentração de metais pesados e ausência de poluentes orgânicos. Já para a característica biológica do composto é analisar os efeitos positivos na germinação das sementes, no crescimento vegetal, e na capacidade de melhorar a fertilidade biológica do solo (Brito, 2006).

Segundo Mukhtar et al., (2004) citado por Paiva (2008) “o composto produzido a partir da compostagem de carcaças de animais apresenta em sua composição nutrientes como nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), manganês (Mn), zinco (Zn) e cobre (Cu), que são de fundamental importância para o desenvolvimento das plantas e ao solo”.

O composto formado que poderá ser usado como adubo ou corretivo do solo, não pode conter materiais perigosos na sua composição como plásticos, metais ou pedras de dimensão perceptível, sementes de ervas daninhas, organismos patogênicos (Salmonela, Tênia ou Vírus) ou outros organismos em quantidade que possam causar efeitos nefastos à saúde humana por ingestão, inalação ou contato com a pele (Brito, 2006).

Outro fator importante que mostra a qualidade do composto formado é a capacidade de troca de cátions (CTC) ou a capacidade de absorver cátions. A CTC é responsável pela retenção de nutrientes, favorecendo absorção pelas plantas, pela estabilização do pH e pela fixação de metais pesados (Matos, 2006a; Pereira Neto, 2007 citado por Paiva, 2008). A CTC do adubo orgânico pode variar de 100 a 300 $\text{cmol}_c\text{Kg}^{-1}$ (Pereira Neto, 2007 citado por Paiva, 2008).

A fertilidade do solo está diretamente relacionada a CTC, ou seja, quanto maior o CTC mais fértil é solo, com isso a adição de um composto orgânico com CTC elevada melhora consideravelmente as características de fertilidade no solo (Paiva, 2008).

O composto gerado deve ser usado imediatamente para mostrar a maior eficiência no processo. No entanto, se a sua aplicação não puder ser realizada ele deverá ser armazenado em local protegido do sol, vento e da chuva onde estes elementos causam determinados problemas. O sol provoca o ressecamento da parte externa, fazendo com que a pilha fique recoberta por uma camada endurecida, evitando infiltração de água das chuvas; essa camada seca fica pobre em nitrogênio e tem tendência para a formação de torrões que depreciam o produto. O vento pode desidratar o composto mais que o sol, por isso as pilhas devem ser colocadas perpendicular umas as outras, onde a primeira vai servir como quebra vento, fazendo o vento passar apenas no topo das pilhas diminuindo o ressecamento. A chuva pode aumentar a umidade do material ou até mesmo carrear o composto. Deste modo o composto gerado deve ser mantido em galpões, ensacados ou coberto com lona de polietileno (Kiehl, 1985).

A incorporação ao solo do composto deve ser realizada trinta dias antes da instalação da cultura, tanto culturas anuais, como perenes. No caso de culturas perenes instaladas a aplicação deve ser realizada na forma de coroa, onde deverá fazer uma vala ao redor da planta para aplicação do composto, que será enterrado formando a coroa, de modo que a planta irá conseguir absorver os nutrientes disponíveis. As recomendações de quantidade de uso do composto orgânico variam de acordo com o tipo de composto, com o solo, a cultura e as condições ambientais. Em geral, as taxas de aplicação estão entre 10 a 100 t há⁻¹, porém níveis mais elevados não são incomuns.

2.6 Legislação ao Composto Orgânico

Segundo Carli (2010) a legislação que fala sobre o composto orgânico e a Lei nº 6.894, de 1980 que dispõe sobre a inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, destinados à agricultura, e dá outras providências.

A respectiva lei rege no seu art. 2º - “Atribui ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) a competência para exercer a fiscalização”.

O art. 4º estabelece a obrigatoriedade de registro dos produtos no Ministério da Agricultura. Já o art. 5º - Estabelece sanções administrativas como multa igual a 5 (cinco) vezes o valor da diferença, calculado sobre o lote de fertilizante produzido, comercializado ou estocado; multa de até 1000(mil) vezes o maior valor de referência para o caso de reincidência genérica ou específica; condenação do produto; inutilização do produto; suspensão do registro; cancelamento do registro; e interdição, temporária ou definida, do estabelecimento.

Para o art. 7º preconiza ao Poder Executivo a competência para estabelecer as providências necessárias para o exercício da fiscalização. As providências tomadas para a fiscalização estão contidas no art 6º onde a inspeção será efetuada sempre que houver solicitação por parte das pessoas físicas ou jurídicas referidas nesta lei.

O Decreto nº 4.954, de 2004 aprova o regulamento da Lei nº 6.894/1980. No seu art. 2º, III, “b”) Define Fertilizante Orgânico como produto de natureza fundamentalmente orgânica, obtido por processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matérias-primas de origem industrial, urbana ou rural, vegetal ou animal, enriquecido ou não de nutrientes minerais.

O art.3º estabelece a competência ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento:

I- A inspeção e fiscalização da produção, importação, exportação e comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes;

II- Editar normas complementares necessárias ao cumprimento deste Regulamento.

Quanto ao art. 4º, estabelece a competência aos Estados e ao Distrito Federal fiscalizar e legislar concorrentemente sobre o comércio e uso dos fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes, respeitadas as normas federais que dispõem sobre o assunto.

Já o artigo 8º preconiza que os fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes deverão ser registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. No entanto, para o art.11 os critérios para registro, os limites mínimos de garantias e as especificações relativas aos fertilizantes, corretivos, inoculantes ou biofertilizantes serão estabelecidos em ato administrativo do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Por outro lado, o art. 17 que trata do não atendimento aos padrões de risco à saúde, de tal sorte que o registro de produtos especificados neste Regulamento, bem como a autorização para seu uso e comercialização, serão negados sempre que não forem atendidos os limites estabelecidos em atos administrativos próprios, no que se referem a agentes fitotóxicos, patogênicos ao homem, animais e plantas, assim como metais pesados tóxicos, pragas e ervas daninha. No entanto, o art. 18 evidencia que não estarão sujeitos ao registro os fertilizantes orgânicos simples que não tenham sido objeto de processo de industrialização. Para o comércio do composto orgânico em escala industrial ele tem que ser registrado no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. O registro é feito pelo site do MAPA, onde este serviço é encontrado como “Registro de Fertilizantes, Corretivos e

Inoculantes”. E para efetuar o registro são exigidos os seguintes procedimentos, registrar o estabelecimento que irá produzir ou comercializar o produto e preencher formulários e códigos para o registro de estabelecimento, onde são avaliados a sua composição.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

O trabalho foi realizado do Instituto Federal Sul de Minas Campus Inconfidentes – MG, que está localizado no município de Inconfidentes – Minas Gerais com localização geográfica de Latitude 22°19'01S e Longitude 46°19'40W. O experimento foi elaborado no setor de zootecnia da fazenda. A precipitação média anual é de 1500 mm. O clima da região foi classificado de acordo com o método de Köppen como subtropical com inverno seco (Cwb).

A construção da composteira está localizada a distância média de 40,64 m do setor de avicultura, 133 m da suinocultura, 121,14 m da cunicultura, 1.240,15 m da bovinocultura e 687,41 m do abatedouro do IFSM Campus Inconfidentes. A construção da composteira foi realizada em local de APP (Área de Preservação Permanente, Lei N° 4.771, De 15 de Setembro de 1965, Código Florestal.), pois encontra se em área próxima a uma lagoa, podendo ocorrer alguma forma de contaminação ao meio ambiente se houver algum escoamento do material em forma de chorume.

A composteira que foi construída no IFSM Campus Inconfidentes seguiu o modelo proposto por Pedroso de Paiva (2004) com algumas adaptações. A composteira foi construída de alvenaria, coberta de telha de aço e tem uma área construída de 9,0 m x 3,0 m totalizando 27,0 m² corresponde 225 % maior que a área do modelo original, as paredes foram construídas com cinco divisões de paredes de concreto, com espessura de 20 cm. A altura da composteira construída foi em média de 2,40m x 2,05m, corresponde 16,66 % maior que a altura do modelo original, que teve a finalidade de auxiliar no escoamento da água da chuva do telhado. A parte frontal da composteira, onde ficou o material, foi construída com madeira com altura de 0,50 m, que podem ser colocadas e retiradas facilmente, facilitando o manejo do composto. Cada baia foi construída com o tamanho 2,05 m de comprimento x 2,85 m largura, totalizando uma área de 5,84 m² o equivalente a 46% maior que a baia do modelo

original, no desenvolvimento deste projeto está baía foi dividida em 4 partes de tamanho igual, sendo 1,4 m de comprimento x 1,0 m de largura, tendo uma área de 1,4 m² cada baía (Figuras 1 a 6).



Figura 1. Construção da composteira
(Fonte: Paes, 2011).



Figura 2. Construção da composteira
(Fonte: Paes, 2011).



Figura 3. Vista lateral da composteira
(Fonte: Paes, 2011).



Figura 4. Vista frontal da composteira
(Fonte: Paes, 2011).



Figura 5. Baía inteira da composteira
(Fonte: Paes, 2011).



Figura 6. Baía dividida em 4 quadrantes
(Fonte: Paes, 2011).

As figuras 1 e 2 evidenciam a fase inicial da construção da composteira, já as figura 3 e 4 mostram a vista lateral e frontal da composteira pronta, e as figuras 5 e 6 mostram a configuração interna da baía da respectiva composteira com sua divisão em quatro

compartimentos isométricos menores. Está divisão foi realizada, pois os substratos utilizados não seriam suficientes para encher as quatro baias.

3.2 Materiais Utilizados

Os materiais que foram utilizados no experimento da biocompostagem do IFSM Campus Inconfidentes, são todos provindos do mesmo. Esses materiais que foram utilizados no experimento eram materiais de pouco e/ou sem valor comercial, ou seja, de pouca ou nenhuma finalidade para o respectivo Instituto. Deste modo a biocompostagem utilizou materiais que estavam sem destinação adequada. Os materiais utilizados foram as vísceras de bovino, a maravalha de madeira e o esterco de bovino. As vísceras de bovino foram provindas do setor do abatedouro do instituto que gera uma média semanal de 90 Kg de vísceras. No entanto, outros tipos de resíduos são também gerados, tais como as vísceras de frango, coelho e suíno (**Tabela 2** – Frequência de abate versus quantidade de resíduo gerado). As vísceras do bovino são compostas por pulmão, baço, rúmen, conteúdo ruminal, intestinos, gorduras, pedaços de carne condenados pela inspeção, sangue e demais descartes, todos sem valor comercial. Além de gerar muito resíduo, o abatedouro não tinha destinação correta dos seus resíduos, onde estes eram deixados a céu aberto, podendo ocasionar problemas ambientais tais como presença de odores indesejáveis, insetos, aves carniceiras e contaminação do solo, água e ar.

A distância entre o abatedouro e a composteira é de aproximadamente 687,41 m, onde as vísceras foram colocadas em um tambor de 200 litros e levadas por um veículo do tipo caminhonete até o local do experimento.

A maravalha de madeira foi obtida no setor de serralheria do instituto, onde a madeira mais utilizada foi de eucalipto (*Eucalyptus sp*). O resíduo que foi gerado no processamento da madeira foi caracterizado como “maravalha de madeira” ou “serragem”. A maravalha de madeira foi formada de pequenos pedaços da madeira que são cortados no processo da serralheria por máquinas de corte e alisamento. A única destinação que a maravalha estava servindo era de cama de frango e coelho no setor zootécnico. A coleta da maravalha foi feita em sacos de plásticos de 40 litros, para poder facilitar o transporte até o experimento.

O esterco que foi utilizado na biocompostagem foi obtido no setor da bovinocultura que tem um plantel em média de 229 cabeças, sendo 149 para corte e 80 para produção de leite. Cada bovino gerou uma média 10 a 15 quilos de esterco diário (Pa Lovatto, S/D). Deste modo o instituto gerou uma média diária 2.290 Kg de esterco.

3.3 Mortalidade

O IFSM Campus Inconfidentes gera bastantes resíduos de origem animal oriundos de setores específicos como suinocultura, cunicultura, avicultura, bovinocultura e abatedouro. O levantamento da mortalidade foi realizado através de entrevistas com responsáveis de cada setor e verificação nas fichas zootécnicas. Na entrevista foram questionados quais foram os fatores mais influenciadores pelas respectivas mortalidades. O principal fator citado foi a temperatura, onde os animais recém-nascidos tem pouca capacidade de reter calor no período do frio, deste modo eles acabam morrendo por hipotermia (é uma condição na qual a temperatura do corpo do animal abaixa significadamente onde o metabolismo começa a ser prejudicado, podendo levar a morte do animal), está é gerada muitas vezes pela chuva, vento e pelo período do ano. A temperatura muito elevada também pode ocasionar a morte dos animais, pois o sistema de confinamento dos animais é apertado e a também o excesso de animais por gaiola ou baia, gerando um desconforto para o animal podendo causar um estresse térmico (desconforto causado ao animal pelo calor ou insolação). Este estresse pode levar a desidratação e exaustão do animal, onde aumenta o risco de morte.

Outro fator relacionado à morte dos animais nestes setores estava relacionado ao manejo dos animais. Um manejo inadequado pode gerar lesões ou fraturas nos animais. Com esses possíveis ferimentos no manejo, podem gerar infecções que levam os animais ao óbito.

De uma maneira geral, os setores mencionados acima têm um controle de mortalidade estabelecido pela ficha zootécnica dos animais nascidos, configurados por algumas informações simples tais como a quantidade animais nascidos por matriz, à data (dia), o peso e o sexo. No entanto, todos estes dados de controle da mortalidade podem ter contribuído de forma mais eficaz no índice de mortalidade, tais como a vacinação dos animais recém-nascidos evitando possíveis doenças, o manejo adequado dos animais em gaiolas ou baias que possam ter evitado possíveis acidentes ou ferimentos nos animais.

3.4 Levantamento de Abates

O abate de suínos, bovinos, aves e coelhos foram realizados no abatedouro do IFSM Campus Inconfidentes, sendo que foi feito semanalmente com uma frequência em média de dois abates semanais, podendo variar de acordo com a demanda do restaurante do Instituto e do setor de produção. A quantidade de resíduos gerados nesses abates foi em torno de 90 kg (vísceras, pele e ossos). Esses resíduos eram descartados de forma inadequada, isto é, a exposição contínua a céu aberto que podia contaminar o solo, água, ar e atrair insetos e diversos animais. Este fato, em função da vulnerabilidade de uma área ambiental viciada

poderia ocorrer com o alimento processado no abatedouro alguma forma de contaminação direta e/ou indireta.

A programação de abates do IFSM Campus Inconfidentes foi realizada da seguinte forma: bovinos uma vez por semana, suínos duas vezes, aves e coelhos teve a frequência de acordo com a demanda (tabela 2). Os animais que foram abatidos passaram por um processo de seleção nos setores zootécnicos, tais como os mais desenvolvidos e de melhor desempenho. Estes animais selecionados tiveram um período de jejum antes de serem submetidos ao abate, com a finalidade de reduzir o índice de contaminação de carcaça e diminuir a quantidade de resíduos intestinais. Após a seleção, estes animais foram transportados numa carreta (trator), onde foram levados para o setor do abatedouro.

Tabela 2 – Frequência de abate versus quantidade de resíduo gerado.

Animais	Frequência de Abate	Quantidade de Animais (Cab.)	Peso das Vísceras (Kg)
Suíno	2 vezes por semana	06	80
Bovino	1 vez por semana	01	80
Aves	Não tem frequência	150 a 200	100
Coelho	Não tem frequência	150 a 200	100

Fonte: Paes, 2011.

A tabela acima evidencia a frequência de abate do IFSM, e a quantidade de animais abatidos por semana e a média dos pesos das de vísceras de cada espécie animal. Os suínos e os bovinos geraram maior quantidade de resíduos, pois foram abatidos com maior frequência que os coelhos e aves. Deste modo, em função da maior quantidade de resíduos gerados principalmente nestes dois setores tornou-se necessário a busca de alternativas a destinação correta e a implantação de uma política reversa através de uma nova forma de uso desse material na cadeia produtiva.

3.5 Montagem da Composteira

O manejo da composteira foi realizado com o isolamento das laterais com plástico para evitar o contato do material com a madeira da composteira, evitando a perda de calor ou umidade da mesma. A montagem da composteira foi realizada da seguinte forma: uma camada de 30 cm de maravalha de madeira (20 Kg) como mostra a figura 7, em seguida de uma camada de 82,5 Kg de vísceras de bovino (figura 8 e 9), outra camada de 15 cm de esterco (59,3 Kg) (figura 10) e uma camada de 15 cm de maravalha de madeira. As vísceras

de bovino foram fatiadas com uma faca de açougue, para ajudar na degradação. Após a montagem da pilha na composteira o material foi irrigado, visando na manutenção da umidade da compostagem, que foi essencial para que as bactérias, fungos e actinomicetes pudessem decompor (degradar) os materiais. No entanto, a quantidade de água que foi usada correspondeu em média de 50% do peso das vísceras colocadas na composteira (para cada quilo de carcaça acrescentar meio litro de água) o equivalente em média de 41,25 litros de água, que obteve uma umidade em média de 60%. (NUNES, 2009; PEDROSO de PAIVA, 2004), metodologia adaptada.



Figura 7. Maravalha de madeira
(Fonte: Paes, 2011).



Figura 8. Vísceras de bovino
(Fonte: Paes, 2011).



Figura 9. Abertura das vísceras
(Fonte: Paes, 2011).



Figura 10. Esterco bovino
(Fonte: Paes, 2011).

A pesagem total de maravalha de madeira, esterco, vísceras de bovino e água que foram utilizados para o processo de compostagem, correspondeu em torno de 206,05 Kg dos materiais de forma “*In natura*”.

3.6 Análises Estatísticas

As análises estatísticas envolveram a aplicação de medidas descritivas básicas como médias e desvio padrão das respectivas amostras correspondentes aos pontos distintos a todas as análises procedidas. Deste modo, todos os testes que foram realizados em laboratório obedeceram ao procedimento da triplicata.

3.7 Análises realizadas

3.7.1 Análise de temperatura

A temperatura foi medida do dia 20 de novembro de 2011 a 26 de janeiro de 2012 totalizando cem dias de medição, as medições foram realizadas todos os dias as 9h00min da manhã com o termômetro de haste de 1 m da marca RUCKEN modelo RPDT-700 (figura 11). A temperatura foi medida em cinco pontos distintos no composto, como mostra a figura 12.

O processo de medição da temperatura foi realizado em cinco (05) pontos distintos, sendo um ponto em cada extremidade da baia e um no centro (Figura 7), de tal forma a determinação da temperatura destes respectivos pontos evidenciou o processo de fermentação na composteira. A medição foi realizada da seguinte forma, a haste do termômetro foi colocada em cada ponto separadamente, onde foi esperada a temperatura do termômetro estabilizar, que levava em média dois minutos. Após a estabilização foi coletado os dados de temperaturas onde os mesmos foram colocados em uma tabela que foi destacada a data, hora, temperatura ambiente, temperatura do biocomposto e observações gerais, onde tais observações evidenciaram fatores naturais do clima no momento da coleta dos dados.



Figura 11. Termômetro RUCKEN modelo RPDT-700 **Figura 12.** Pontos de mensuração da temperatura (Fonte: Paes, 2011).

De acordo com as áreas demarcadas para a mensuração da temperatura teve-se o cuidado de realizar a leitura no mesmo ponto durante todo o ensaio experimental objetivando dessa forma uma homogeneidade de critério procedimental na obtenção dos valores e que isto pudesse caracterizar a situação real relativa dos fenômenos ocorridos durante o processo fermentativo.

3.7.2 Análise de umidade

A análise de umidade do material na biocompostagem foi mensurada em média de 50 a 60% teve como objetivo de avaliar se o composto apresentou uma umidade adequada ao processo de decomposição, que conforme a literatura esta faixa de variação deste parâmetro é considerada ideal para a proliferação dos microorganismos segundo Brito (2006).

As análises realizadas de umidade foram “as do teste da mão”, que consiste em pegar o material que está sendo compostado no interior da pilha e comprimi-lo com bastante força, a ponto de a água começar a verter entre os dedos (Nunes, 2009). A outra análise realizada foi a de umidade em laboratório, onde foi coletado em média 05 (cinco) amostras em pontos diferentes com 03 (três) repetições cada ponto. Essas amostras foram encaminhadas para o laboratório de Bromatologia, onde as mesmas foram analisadas.

No laboratório a umidade foi realizada através da diferença de peso. O primeiro procedimento realizado foi esterilizar a placa de petri, que foi colocada na estufa de circulação de ar forçada a 105°C. O processo começou com a placa de petri que foi colocada no dessecador, para poder resfriar e em seguida foi mensurada a temperatura ambiente. Depois da placa de petri esterilizada e sem umidade ela foi pesada e anotada o peso, para o futuro cálculo de umidade. As amostras coletadas em diferentes pontos do experimento foram trituradas no triturador tipo moinho “MILLER”, após a trituração foram colocadas as placas de petri na balança com o peso tarado e acrescentado 2 g de cada amostra em cada repetição.

O total de amostras foram 5 pontos e 3 repetições totalizando 15 amostras de umidade. Logo após o levantamento os dados foram calculados da seguinte forma:

Cálculo da umidade

N = perda de peso em gramas

P = n° de gramas da amostra

$$\% = \frac{100 \times N}{P}$$

3.7.3 FDA (fibra em detergente ácido)

Os materiais maravalha de madeira e esterco bovino, que serviram de substratos no processo de biocompostagem foram submetidos a rotina de análises iniciais de acid detergent fibre (ADF) conhecida como fibra em detergente ácido (FDA).

A concentração de FDA pode evidenciar uma relativa dificuldade de degradação no processo fermentativo, em função de possuir maior concentração de celulose e lignina, onde sugere que tal estrutura molecular deste composto em função de sua concentração pode ser difícil quebra pela cinética enzimática das bactérias celulolíticas e lignolíticas.

Foram coletadas três amostras de cada material, seguindo a metodologia de Goering, H.K e Van Soest, P.J (1970) citado por Fukushima et al., (1999), adaptado. As análises foram realizadas no laboratório de Bromatologia (análise de alimentos) do IFSM Campus Inconfidentes, num período de 60 dias, começando dia 30 de março de 2011 e seu término ao dia 04 de maio de 2011.

A determinação do FDA teve início com a secagem dos materiais das amostras em estufa a 105° C por uma noite (12 horas) e em seguida foram triturados. Deste modo, a determinação do FDA teve início através do uso de alguns reagentes químicos como ácido-hexacetyl: trimetil brometo de amônia, no qual foi dissolvido 20g em 1 litro de H₂SO₄ (ácido sulfúrico) a 1 normal. Em seguida, foi pesado 1g das amostras de maravalha de madeira e esterco bovino das duas amostras que se encontravam secas e em seguida foram colocados em recipientes separados, sendo peneirados (peneira de 1mm) e colocadas num balão para digestão; nesse balão foram colocados 100 ml de detergente ácido a temperatura ambiente e 2 ml de decalina. Em seguida, foram colocadas no digestor, onde as mesmas foram aquecidas até a ebulição, uma vez que ocorreu a ebulição, a temperatura foi reduzida a fim de cortar a espuma gerada. O refluxo do equipamento foi aquecido 60 minutos após o início da ebulição.

A ebulição foi mantida de forma suave, em seguida filtrada em cadinho de gooch previamente tarado e com o filtro de lã de vidro, onde foi usada uma sucção suave. O cadinho foi lavado com água destilada numa temperatura na faixa de 90 a 100° C. O resíduo presente no cadinho foi quebrado com um bastão de vidro e lavado com 30 ml acetona, até ser removida toda a cor, logo após, o cadinho foi seco em estufa por aproximadamente 5 horas a 100° C, e deixado na estufa a 105° C por uma noite, em seguida foi aplicado à fórmula de terminação do FDA.

A fórmula é o peso do cadinho seco subtraído do peso do cadinho tarado, multiplicado por 100 e dividido pelo peso da amostra.

O cadinho seco usado no processo foi pesado antes de acrescentar a amostra da maravalha e do esterco. O cadinho e lã tiveram alguns cuidados na sua utilização onde eles passaram por um tratamento, para sua esterilização. Assim, ambos foram mergulhados em HCL 0,5 N (ácido clorídrico a 0,5 N) por um dia, em seguida foram lavados com bastante a H₂O até neutralizar o ácido. Após a lavagem dos materiais, foi levada a estufa, sendo o cadinho 550°C por 5 horas e lã a 450° C por 6 horas. Após este período o cadinho foi passado por mais um tratamento com 5 x 20 ml HCL 0,5 N, que foi lavado com 100 ml água destilada até neutralizar, depois foi colocado em estufa a 105°C por uma noite, após esse preparo do cadinho ele foi pesado e forrado com lã de aproximadamente 1 dedo, foi colocado mais uma vez na estufa a 105°C e deixado uma noite. Após todo esse tratamento com o cadinho e a lã, foram pesados e usados na análise de FDA conforme os procedimentos abaixo:

Cálculo:

W_o = peso do cadinho seco

W_f = peso da tara do cadinho

S = peso da amostra

$$F = \frac{(W_o - W_f) \times 100}{S}$$

3.7.4 FDN (fibra em detergente neutro)

A maravalha de madeira e esterco bovino passaram por análise de FDN, conhecido por fibra em detergente neutro ou neutral detergent fiber (NDF), que expressa o que foi degradado no processo de biocompostagem, ou seja, sugere o que realmente possa ter sido degradado mais facilmente pela atividade fermentativa.

A análise foi realizada no laboratório de bromatologia do IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes, seguindo a metodologia de Pomeranz e Meloan (1982), citado Vicenzi (s/d), adaptada. As análises foram realizadas num período de 60 dias, que compreendeu do dia 30 de março de 2011 até o dia 04 de maio de 2011.

Os materiais das amostras foram todos secados em estufa a 105° C por uma noite (12 horas) em seguida foram triturados. Assim foram realizadas 3 coletas de cada material, onde foram pesadas com o peso médio de 0,2 g cada amostra e que foram levados para o laboratório onde foram submetidas ao processo de análise do FDN.

De posse da amostra seca e moída foi colocada no refluxo com a solução tampão SLS (laurilsulfato de sódio – 30 g/l) contendo borato, fosfato, EDTA (ácido

etilenodiaminotetracético) e 1 – etoxietanol, e foi deixada no refluxo por 60 min. A ebulição foi mantida de forma suave, em seguida filtrada em cadinho de gooch previamente tarado e com o filtro de lã de vidro, onde foi usada uma sucção suave.

O cadinho foi lavado com água destilada numa temperatura entre 90 a 100° C. O resíduo presente no cadinho foi quebrado com um bastão de vidro e lavado com 30 ml acetona, até toda a cor ser removida. Logo após, o cadinho foi seco em estufa por aproximadamente 5 horas a 100° C, e deixado na estufa a 105° C por uma noite, em seguida foi aplicado a fórmula de terminação do FDN. A fórmula correspondeu ao peso do cadinho seco subtraído do peso do cadinho tarado, multiplicado por 100 e dividido pelo peso da amostra.

O cadinho e o filtro de lã tiveram o mesmo processo de esterilização do FDA.

Cálculo:

W_o = peso do cadinho seco

W_f = peso da tara do cadinho

S = peso da amostra

$$F = \frac{(W_o - W_f) \times 100}{S}$$

3.7.5 Determinação de Nitrogênio do Biocomposto Formado

A determinação de proteína realizada no composto seguiu a metodologia de MICRO KJELDAHL adaptada, nessa determinação teve como princípio determinar o potencial de nitrogênio, sem fazer a titulação da proteína. A análise foi realizada no laboratório de Bromatologia (análise de alimentos) do IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes, a análise foi realizada entre o dia 14 a 17 de fevereiro de 2011.

Para a análise de proteína foram utilizadas algumas soluções, como pegar 500 g de hidróxido de sódio (NaOH) e dissolver completamente em 1 litro de água livre de CO₂ colocado em um frasco plástico. Foi utilizada também uma solução de ácido bórico 2% (H₃BO₃), onde foi pesado 20 g de H₃BO₃ dissolvido em 500 ml de água destilada acrescentando o indicador misto (5 ml de vermelho de metila + 25 ml de verde de bromocresol) e foi completado o volume para 1000 ml. As soluções usadas no indicador misto foram feitas da seguinte forma, 0,06 g vermelho de metila em 100 ml de álcool absoluto e 0,15 g de verde de bromocresol em 100 ml de álcool absoluto. Foi colocado no catalisador 500 g de K₄ SO₄ + 50 g de CuSO₄ 5H₂O e batido no liquidificador para melhor

homogeneização. Em seguida foi utilizada a solução de ácido clorídrico 0,02N, onde foi colocado 1,7 ml de ácido clorídrico em 1 litro de água destilada fervida. Depois de realizada as soluções foi seco aproximadamente 1 g de carbonato de sódio (Na_2CO_3) por 3 horas em estufa a 105°C, e foi pesado exatamente 0,106 g e dissolvido em 100 ml de água (fervida por 5 minutos e fria), em seguida foi colocado 10 ml erlenmeyer (frasco em balão) + 2 gotas de mentil Orange e titulado com o HCl 0,02N, até a coloração rósea. O procedimento de digestão foi feito em tubos de digestão com triplicata de cada amostra, na análise foram usadas 5 amostras usando a triplica, ou seja, 15 tubos de digestão, pesando aproximadamente 0,2g da amostra em cada tubo, em seguida foi acrescentado 2 g da mistura catalisada + 5 ml de H_2SO_4 concentrado. Após os tubos de digestão prontos eles foram para a capela com o bloco digestor Kjeldahl, onde foi aquecido inicialmente a 100° C por 2 horas e cada ½ hora foi aumentada a temperatura em 50°C até atingir 350°C, onde o conteúdo dos tubos ficou verde azulado transparente, foi desligado o digestor e após 1 hora foi desligado a capela.

Depois de ser realizada digestão das amostras foi feito a destilação no destilador foram utilizados três béqueres, um com água destilada, outro vazio para poder recolher os resíduos e outro para lavar o aparelho e uma pisseta com água. O aparelho foi ligado no nº5 com a torneira ligada para o refluxo de água, foi colocado o erlenmeyer de 250 ml com 10 ml volumétrico de ácido bórico na saída da mangueira com a ponta encostada no liquido, no tubo com amostra foi colocado uma pequena quantidade de água para minimizar a reação. Em seguida foi colocado 15 ml de soda 50% no compartimento superior, tampando com uma placa de petri, quando água da caldeira do destilador começava ferver, a soda ia sendo despejada aos poucos para evitar que a soda salte do equipamento. Após um período da destilação a amostra começou a ficar de cor marrom, onde foi aumentada a temperatura para o nº 7, depois de aumentado a temperatura foi deixado destilar até 100 ml no erlenmeyer.

No final de cada amostra o equipamento foi lavado, onde se colocou água destilada no deposito de soda para que não endureça a torneira. Quando o erlenmeyer atingiu 100 ml, foi lavada a ponta da mangueira com água destilada e foi colocado outro recipiente no local. Após isso, foi diminuída a temperatura para nº 0, que fez com que água descesse toda para o tubo com amostra. Logo após foi aberto a torneira da caldeira e retirado o tubo com a amostra e despejado o seu conteúdo para o descarte, em seguida foi lavado o tubo e o caninho onde estava o tubo com amostra no destilador para continuar o trabalho.

No final do processo foi lavado o equipamento, colocando um tubo com água limpa no local da amostra e um béquer com água na mangueira, deixando ferver água, em seguida baixou-se a temperatura e realizou-se o refluxo para a limpeza do equipamento.

Para determinar a quantidade nitrogênio foi utilizado o cálculo a seguir:

$$\%N = \frac{ml\ HCL \times NR\ HCL \times 0,014 \times 100}{g}$$

Onde:

NR= normalidade real do HCL

g= peso da amostra

%P = %N x fator de correção (5,71 para soja)

3.7.6 Análise completa do composto formado

A análise de solo foi realizada no laboratório de solos, onde foram coletados cinco pontos distintos de amostras, nomeados de 1 a 5. Essas análises foram realizadas num período do dia 2 a 16 de fevereiro de 2012. Foi realizado as análises de pH em água; P (fósforo); K (potássio); Ca (cálcio); Mg (magnésio); H +Al (hidrogênio + alumínio); Al (alumínio); SB(soma de bases trocáveis); CTC (capacidade de troca de cátions a pH7); V% (saturação de bases à CTC pH7); M.O. (matéria orgânica); m (saturação de alumínio); Ca/Mg e Mg/k (cálcio/magnésio e magnésio e potássio saturação); micronutrientes Zn (zinco), Fe (ferro), Mn (manganês), Cu (cobre), B (boro) e o P-rem (fósforo remanescente). A metodologia usada nas análises foi seguida o manual do laboratorista PROFERT-MG (2005). Na tabela 5 (Análise química das amostras) foram evidenciados os valores de cada análise que foi realizada do composto formado. Para os resultados da análise realizada no biocomposto, foram coletados cinco pontos distintos na área de estudo e encaminhados para análise no laboratório de solos do IFSM Campus Inconfidentes.

3.7.7 Relação Carbono/Nitrogênio

A relação C/N foi elaborada com a junção de duas metodologias citadas acima. A primeira metodologia foi a de determinação de proteína de MICRO KJELDAHL adaptada onde conseguimos a determinação de nitrogênio, a segunda metodologia foi a de Rodella e Alcarde (1994) para a determinação de carbono, onde usou se os valores de matéria orgânica obtidos na análise completa de solos.

A metodologia de Rodella e Alcarde (1994) faz a conversão da matéria orgânica em carbono através da fórmula:

$$\%C = (\% \text{ matéria orgânica total} / 1,8)$$

A porcentagem de matéria orgânica foi obtida através dos resultados da análise de solo. O fator de 1,8 é um fator que pressupõe que a matéria orgânica dos fertilizantes orgânicos contenha invariavelmente 55,6% de carbono, sendo este fator muito questionado, pois pode resultar em um erro de 25% no cálculo de relação C/N.

3.7.8 Análise microbiológica

3.7.8.1 Análise Aeróbios Mesófilos

A análise microbiológica de coliformes totais foi feita no laboratório de microbiologia do IFSM Campus Inconfidentes dia 19 de março de 2012, onde foi seguida a metodologia do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Secretaria de defesa Agropecuária Instrução Normativa N° 62 de 26 de agosto de 2003. A metodologia utilizada encontra-se em Anexo 1 (CAPÍTULO I - CONTAGEM PADRÃO DE MICRORGANISMOS MESÓFILOS AERÓBIOS ESTRITOS E FACULTATIVOS VIÁVEIS).

3.7.8.2 Análise microbiológica de coliformes totais

A análise microbiológica de coliformes totais foi feita no laboratório de microbiologia do IFSM Campus Inconfidentes dia 19 de março de 2012, onde foi seguida a metodologia do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - Secretaria de defesa Agropecuária Instrução Normativa N° 62 de 26 de agosto de 2003. A metodologia utilizada encontra-se em Anexo 2 (CAPÍTULO X - NÚMERO MAIS PROVÁVEL DE COLIFORMES TOTAIS E COLIFORMES TERMOTOLERANTES EM ALIMENTOS).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Temperatura

De acordo com o parâmetro avaliado, verificou se que em todos os pontos do experimento ponto 1, ponto 2, ponto 3, ponto 4 e ponto 5 a temperatura nos primeiros quatro dias elevou se de 27°C para 40°C rapidamente entrando na fase mesofílica. A elevação da temperatura nos primeiros dias mostrou que o processo de compostagem estava se desenvolvendo adequadamente.

Na terceira semana o biocomposto entrou na fase ativa do processo de biocompostagem, onde atingiu os maiores valores de temperatura sendo ponto 1 com 42°C; ponto 2 com 44,4°C; ponto 3 com 44,7°C; ponto 4 em 44,5°C e o ponto 5 com 54,4°C (figura 13). Essas temperaturas elevadas se caracterizam pelo desenvolvimento de reações bioquímicas mais intensas neste período, consequência da elevada atividade microbiológica de degradação da matéria orgânica (Costa, 2005).



Figura 13. Ponto 5 temperatura máxima.
(Fonte: Paes, 2011).

Mukhtar et al. (2004) relataram que a temperatura deve permanecer na faixa de 55°C a 60°C, por duas semanas, para que ocorra a total higienização do material. A temperatura do ponto 5 da biocompostagem ficou próximo a temperatura relatada por

Mukhtar et al (2004), que correspondeu em média de 54,4°C no décimo oitavo dia. Costa et al (2005) avaliando quatro sistemas de compostagem, observaram temperaturas máximas em torno de 60°C. Estes dados sugerem que o valor da temperatura da biocompostagem correspondeu em média de 90,67% dos dados encontrados na literatura conforme Costa et al (2005).

O monitoramento da temperatura do ponto 1 estudado (figura 14), apresentou uma variação máxima em torno de 42°C, este fato talvez possa ser devido tanto ao índice de umidade quanto à compactação do substrato, além da inferência do tempo da biocompostagem.

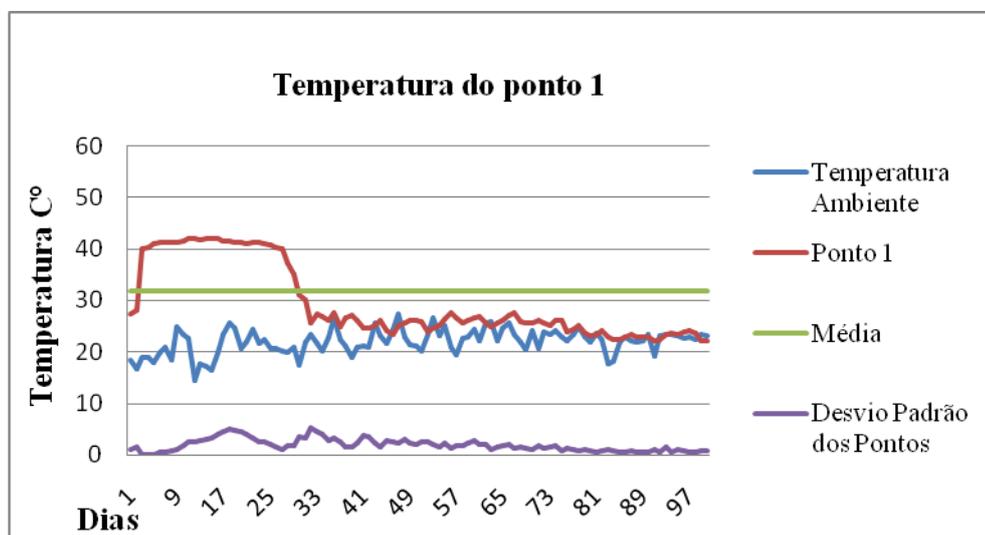


Figura 14. Índice de mensuração da temperatura ponto 1
(Fonte: Paes, 2012).

De acordo com os dados obtidos da temperatura do ponto 1 o valor mensurado foi média de 31,73 °C durante todo o período do ensaio, que apresentou um desvio padrão de 1,89 e a média da temperatura ambiente foi de 22°C. De acordo com a temperatura máxima alcançada que foi em torno de 42°C no décimo quinto dia, que declinou após este período mostrou que este comportamento está de acordo com o descrito por Kiehl (1985), no qual descreveu que o composto na fase mínima termófila pode apresentar uma variação média entre 25 a 45°C, muito embora o biocomposto deste trabalho tenha ficado por um período médio de 31 dias nesta fase, que após este período a temperatura voltou a entrar na fase mesófila que permaneceu durante um período em média de 49 dias e em seguida por mais 20 dias na fase de estabilização, quando totalizou 100 dias de processo fermentativo e a respectiva temperatura tenha ficado próxima à temperatura ambiente.

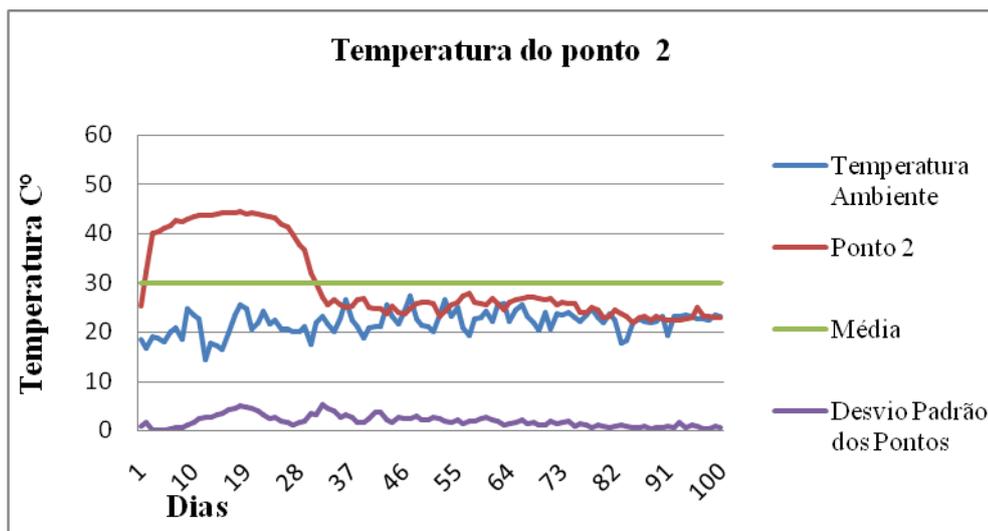


Figura 15. Índice da mensuração da temperatura ponto 2
(Fonte: Paes, 2012).

Já para a temperatura mensurada no ponto 2 (figura 15) foi em média de 29, 82°C, a média do desvio padrão foi de 1,89 e a média da temperatura ambiente durante todo o ensaio foi de 22°C. No entanto, a temperatura neste ponto atingiu um pico máximo de 44,4 °C que significou em média de 5,4% superior ao primeiro ponto, no décimo oitavo dia. Esta fase segundo Kiehl (1985) foi denominada de fase mínima termófila, que neste trabalho correspondeu em média de 34 dias, de tal sorte que após este período a temperatura apresentou uma redução de temperatura e o biocomposto voltou para a fase mesófila, onde permaneceu por mais 46 dias nesta fase, sendo que após este período o composto ficou por mais 20 dias na fase de estabilização, onde a temperatura atingiu próxima à temperatura ambiente.

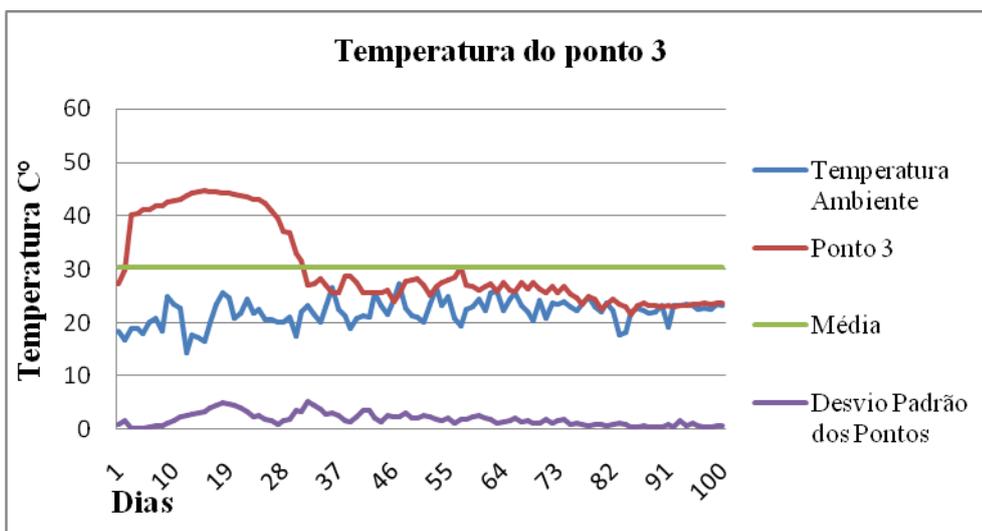


Figura 16. Índice da mensuração da temperatura ponto 3
(Fonte: Paes, 2012).

De acordo com o gráfico acima que evidencia a mensuração da temperatura do ponto 3 (figura 16), que apresentou durante todo o ensaio experimental o valor médio em torno de 30,32 °C, que teve a média do desvio padrão foi de 1,89 e a média da temperatura ambiente foi de 22°C que foi idêntica aos pontos estudados anteriormente. Já a temperatura máxima do ponto 3 que apresentou o valor médio de 44,7 °C no décimo quinto dia, foi de 6,04% superior às outras mensurações, que demonstrou ser este valor inerente à fase termófila mínima definida por Kiehl (1985). É interessante ressaltar que a fase termófila o ponto 3 permaneceu em média de 32 dias, que em seguida voltou para a fase mesófila onde permaneceu em média por 48 dias, sendo que após este período o composto ficou mais 20 dias na fase de estabilização, onde a temperatura ficou próxima à temperatura ambiente.

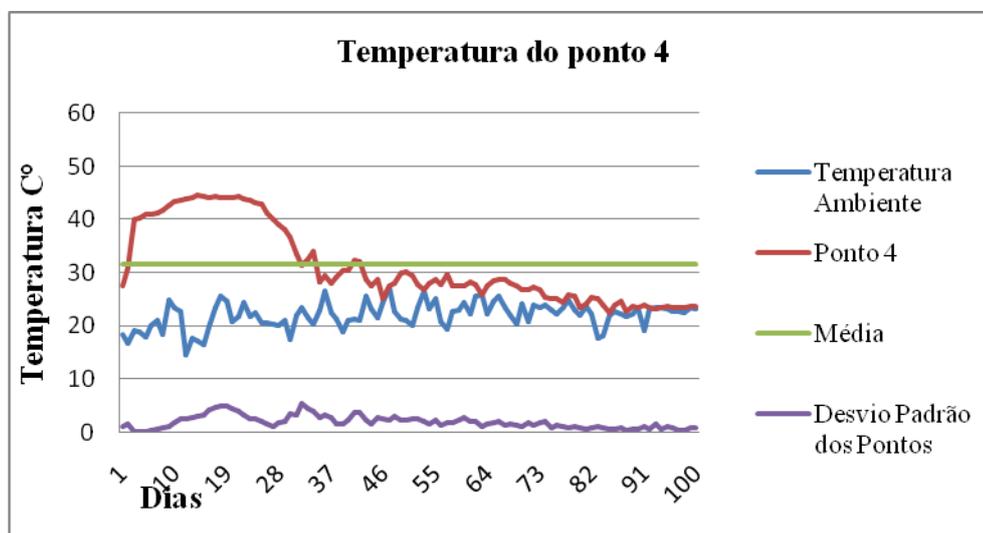


Figura 17. Índice da mensuração da temperatura ponto4
(Fonte: Paes, 2012).

Para a temperatura mensurada no ponto 4 (figura17) que foi monitorada por um período médio de 100 dias, foi observado durante todo este período um valor médio em torno de 31,51 °C, sendo a média do desvio padrão foi de 1,89 e a média da temperatura ambiente foi de 22°C. A temperatura máxima alcançada foi de 44,5°C no décimo quarto dia que correspondeu em média de 5,61% superior ao do ponto 1, ficando na fase termófila por 73 dias, em seguida entrou na fase mesófila ficando um período de tempo muito curto cerca de 9 dias, que após este período entrou na fase de estabilização, onde ficou por mais 18 dias, com a temperatura próxima a ambiente.

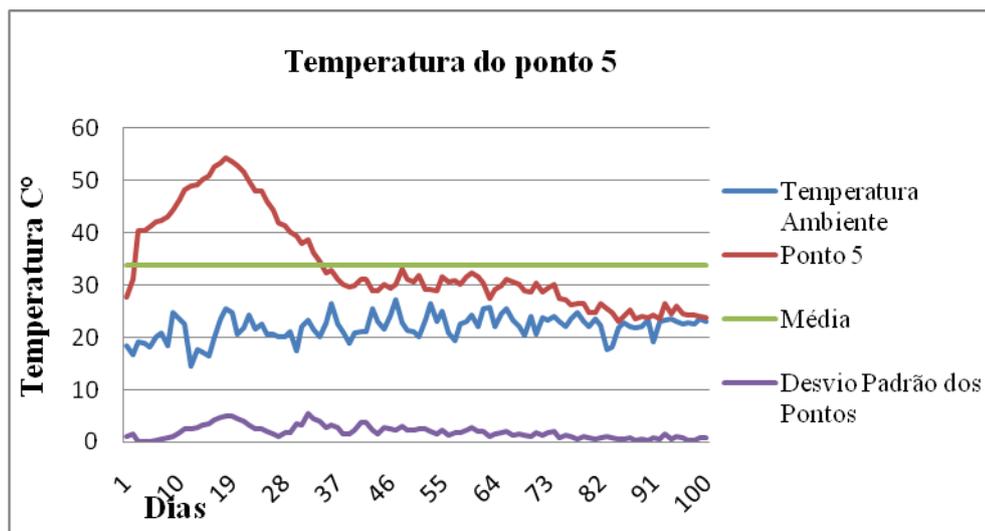


Figura 18. Índice da mensuração da temperatura ponto 5
(Fonte: Paes, 2012).

Já para a temperatura do ponto 5 (figura 18) em relação ao período de cem dias foi observada uma média em torno de 33,73 °C, a média do desvio padrão foi de 1,89 e a média da temperatura ambiente foi de 22°C. A temperatura máxima alcançada neste ponto foi de 54,4 °C que correspondeu em média de 22,79% superior que o ponto 1 e 18,19% em relação aos outros pontos, de tal sorte que foi o valor mais expressivo da temperatura do processo de fermentação encontrado no experimento, pois se trata do centro, sendo assim a temperatura no meio se manteve mais elevada, não perdendo calor para o exterior. Este fato pode ser devido a ocorrência de maior umidade associada a menor perda de calor para a periferia, que segundo Kiehl (1985) este comportamento térmico pode ser classificado como “temperatura termófila ótima”, onde de certa forma as bactérias conseguiram degradar o composto em condições mais favoráveis para o seu respectivo desenvolvimento da população bacteriana. A temperatura na fase termófila ficou por 79 dias, em seguida ficou 5 dias na fase mesófila, após este período o biocomposto entrou na fase de estabilização onde permaneceu por 16 dias.

As temperaturas dos pontos 1, 2, 3 e 4 não atingiram os valores de temperatura termófila ótimas segundo a recomendação de Kiehl (1985), muito embora tenha permanecido na fase termófila mínima ficou evidenciada uma similaridade da cinética fermentativa baixa para a compostagem dos materiais que conforme o autor deve ocorrer na faixa de 25° a 45° C. Este comportamento de baixa elevação da temperatura pode ter sido causado pela falta de revolvimento dos materiais, deixando a composteira com pouca aeração, prejudicando assim o desenvolvimento das atividades dos microorganismos. Outro fator que pode ter sido o causador dessa baixa elevação da temperatura foi à influência dos agentes ambientais

externos, pois estes pontos estavam nas extremidades da composteira, de tal sorte que podem ter sofrido variações de temperatura com o ambiente e a respectiva perda de calor para o ambiente externo.

Desta forma, o ponto 5 foi o que apresentou os melhores valores de temperatura ficando dentro dos limites termofílicos definido por Kiehl (1985) que delimita como ótima a temperatura termófila na faixa de 50° a 55°C. O curto período na fase mesófila depois da fase termofila do ponto 5, pode ser relacionado a degradação dos materiais pelos microorganismos, deste modo pode ter ocorrido a diminuição dos nutrientes, com a consequente redução da atividade microbiana que foi responsável pela geração de calor.

De acordo com a figura 18, pode-se observar que o ponto de maior taxa fermentativa foi o de número 5, que tenha sido bem provável em decorrência de melhores condições físico-químicas no respectivo ponto em relação aos outros locais de estudo da temperatura.

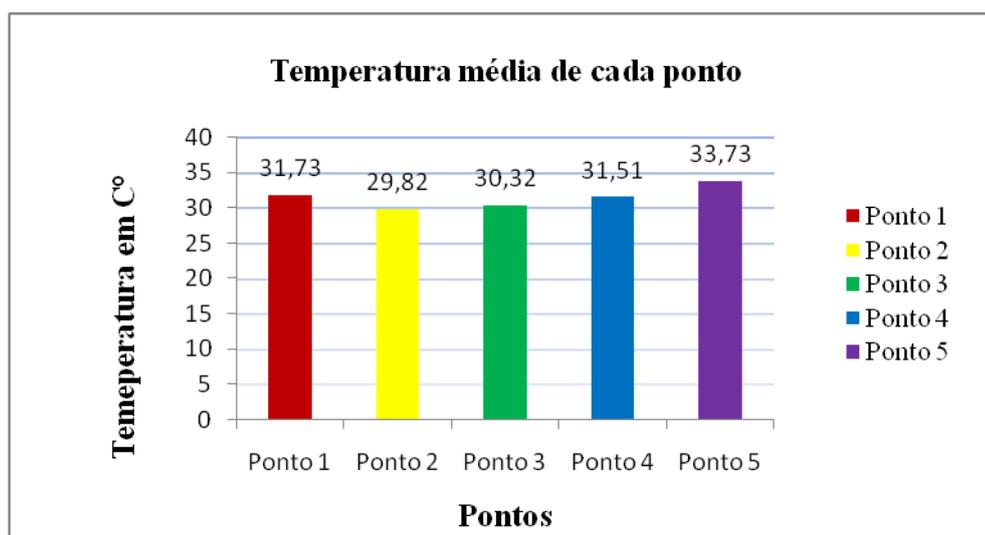


Figura 19. Índice da mensuração da temperatura média de cada ponto (Fonte: Paes, 2012).

As condições de microclima durante o ensaio experimental do ponto 5 favoreceu a evidenciação da maior média de temperatura nesse período que atingiu valor em torno de 33,73 C °, que representou em média de 14,01% superior ao ponto 2, o valor de 5,92% em relação ao ponto 1, o valor de 10,10% do ponto 3 e 6,58% superior ao ponto 4, que realmente sugere ocorreu melhores condições do respectivo microclima em relação aos outros pontos de mensuração.

4.2 Umidade

A umidade que foi verificada no experimento ficou dentro dos limites apontados por Sunada, et al., 2010; Brito, 2006; Oliveira, et al., 2004; que foi em média de 50 a 60%. Está umidade foi considerada como ideal para a proliferação dos microorganismos. A média da umidade encontrada na composteira foi em torno de 57,65% e o desvio padrão 4,77. A figura 20 evidencia a relação da média que foi encontrada entre as umidades de cada ponto.

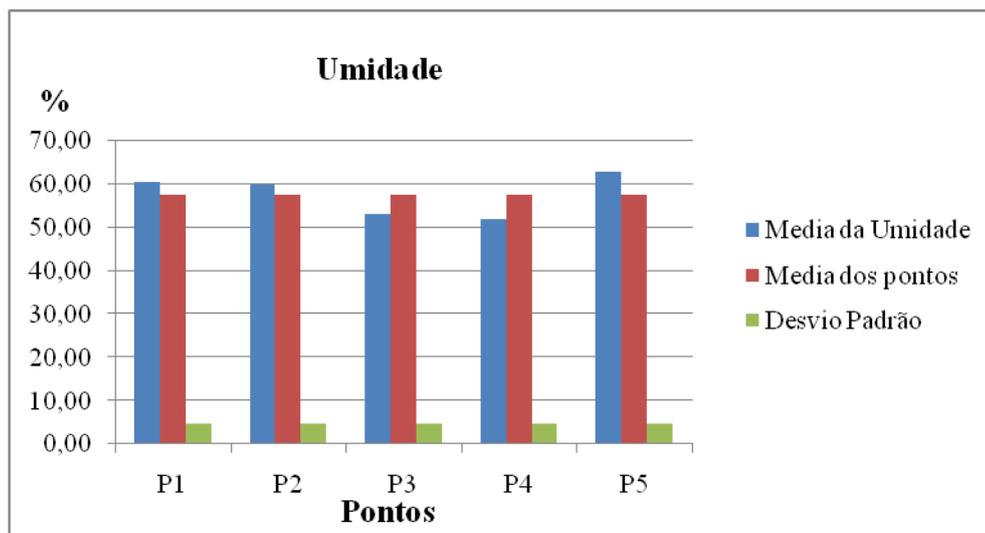


Figura 20. Índice da mensuração da temperatura média de cada ponto (Fonte: Paes, 2012).

Conforme os dados, o ponto 5 foi o que apresentou os maiores valores de umidade 62,77%, esse valor mais alto de umidade pode ter sido devido uma maior concentração de água no centro da pilha, e que por este motivo, possa ter favorecido maior retenção de umidade.

Já para os pontos 1 e 2 foram observados valores de umidade próximos, onde no ponto 1 foi obtido a média de 60,46% e o ponto 2 a média de 59,85%. Estes valores próximos entre si podem estar relacionado com o layout dos pontos, combinado com o fator ambiental externo que de tal sorte que não receberam de forma incisiva os raios solares durante o meio dia em diante. Apesar do fator ambiental externo mais imperativo tenha sido o clima, os dois pontos que se encontravam nas bordas do experimento tiveram o comportamento assemelhado que de tal sorte a perda da umidade pelo processo de evaporação e pela ação do vento foi menor significância em relação aos pontos 3 e 4, muito embora tenha recebido a mesma interferência externa.

Já para os pontos 3 e 4 apresentaram o menor valor de umidade, sendo o ponto 3 uma umidade média em torno de 53,10% e o ponto 4 uma média de 52,05% que correspondeu um valor médio de 12,08% abaixo dos pontos 1 e 2. Este valor de umidade mais baixa pode ter sido relacionado tanto com a estrutura das paredes da composteira (absorção de calor) quanto ao layout da mesma, uma vez que pode ter havido maior inferência dos raios solares das horas mais quente do dia que incidiram mais diretamente nas mesmas em relação aos outros pontos. Outro fator que possa ter contribuído para a maior redução da umidade foi uma relativa infiltração e favorecimento para a perda da mesma para o ambiente externo.

4.3 FDN e FDA

A análise FDN e FDA foram realizadas no laboratório em triplicata, onde o FDN da maravalha de madeira apresentou uma variação em média de 80,04% e o esterco bovino uma média de 80,76%, conforme mostra a tabela 3. O FDA da maravalha de madeira apresentou uma média de 11,90% e o esterco bovino uma média de 48,14%, conforme mostra a tabela 4.

Tabela 3. FDN – Maravalha de madeira e do esterco bovino

FDN					
Maravalha de Madeira			Esterco		
FDN	Média	Desvio	FDN	Média	Desvio
80,72%	80,04%	0,7092	79,63%	80,76%	1,3
80,10%	80,04%	0,7092	82,18%	80,76%	1,3
79,31%	80,04%	0,7092	80,48%	80,76%	1,3

Fonte: Paes, 2012.

A maravalha de madeira com a média de 80,04% e o esterco bovino com a média de 80,76% mostraram um valor satisfatório de FDN, este valor sugere que os dois materiais tiveram grande degradação no processo fermentativo pelos microorganismos.

Berchielli et al (2001) compara dois métodos de fracionamento dos componentes fibrosos, analisando pelo método de Van Soest (1967), citado por Berchielli et al (2001), e pelo equipamento ANKOM. O método de Van Soest (1967) também é conhecido como método convencional.

Berchielli et al (2001) analisou 5 materiais com 4 saquinhos de filtragem. Os materiais são cana de açúcar, capim braquiária, silagem de milho, polpa cítrica e fezes de bovinos. Os valores de FDN encontrados no método de ANKOM, para a cana de açúcar

58,50%; capim braquiária 58,81%; silagem de milho 49,58%; polpa cítrica 19,34% e fezes de bovino 56,07%. Já o método de Van Soest (1967) a cana de açúcar apresentou 59,40%; capim braquiária 57,47%; silagem de milho 47,35%; polpa cítrica 19,68% e fezes de bovino 61,12%.

Os valores de FDN encontrados na maravalha de madeira foram em média 80,04%. Quando comparado o FDN da maravalha de madeira pelo método de ANKOM apresentado por Berchielli et al (2001), a polpa cítrica ficou 75,84% abaixo do FDN da maravalha de madeira, seguida silagem de milho com 38,06%, fezes de bovino com 29,95%, cana de açúcar com 26,91% e capim braquiária com 26,52%. Comparados os valores de FDN da maravalha de madeira com método convencional de Berchielli et al (2001), a polpa cítrica ficou 75,41% abaixo do FDN encontrado na maravalha de madeira, seguida da silagem de milho com 40,84%, capim braquiária com 28,20%, cana de açúcar com 25,75% e fezes de bovino com 23,64%. No método de ANKON o capim braquiária apresentou FDN mais próximo da maravalha de madeira correspondendo a 73,48% do FDN. Já no método convencional as fezes de bovino apresentaram o FDN mais próximo a maravalha de madeira, correspondendo a 76,36% do FDN da madeira.

Os valores de FDN encontrados no esterco bovino foram em média 80,76%. Quando comparado o FDN do esterco bovino pelo método de ANKON apresentado por Berchielli et al (2001), a polpa cítrica ficou 73,05% abaixo do FDN encontrado no esterco bovino, seguido da silagem de milho com 38,61%, fezes de bovino com 30,57%, cana de açúcar com 27,56% e capim braquiária com 27,20%. Comparados os valores de FDN do esterco bovino com método convencional de Berchielli et al (2001), a polpa cítrica ficou 75,63% abaixo do FDN encontrado no esterco bovino, seguida da silagem de milho com 41,37%, capim braquiária com 36,27%, cana de açúcar com 26,45% e fezes de bovino com 24,32%. No método de ANKON o capim braquiária apresentou FDN mais próximo do esterco bovino correspondendo a 72,82% do FDN. Já no método convencional as fezes de bovino apresentaram o FDN mais próximo a o esterco bovino, correspondendo a 75,68% do FDN do esterco.

Souza et al (1999) analisou o FDN do capim braquiária onde encontrou valores de 72,68 % de FDN. Onde a maravalha de madeira apresenta 9,20% acima de FDN do capim e o esterco bovino apresenta 10% acima de FDN quando comparado com o FDN do capim braquiária. Já FDN encontrado na silagem de milho por Souza et al (1999), foi de 50,41%. Onde a maravalha de madeira apresentou um FDN de 37,02% acima da silagem de milho, o esterco apresentou um FDN de 37,58% acima da silagem de milho.

Silva e Queiroz (2002) analisou o FDN do capim braquiária onde encontrou valores 74,24% de FDN. Onde a maravalha de madeira apresentou 7,25% acima de FDN do capim e o esterco bovino apresentou 8,07% acima do FDN quando comparado com o FDN do capim braquiária. Já o FDN encontrado na silagem de milho por Silva E Queiroz (2002), foi de 49,26%. Onde a maravalha de madeira apresentou um FDN de 38,45% acima da silagem de milho, o esterco apresentou um FDN de 39% acima da silagem de milho.

Deste modo o FDN da maravalha de madeira e do esterco bovino apresentou o maior valor quando comparado com Berchielli et al (2001), Souza et al (1999) e Silva e Queiroz (2002), estes valores mostram que esses materiais podem ser degradados mais facilmente num processo fermentativo realizado por microorganismos

A tabela 5 mostra os resultados encontrados de FDA na maravalha de madeira e no esterco bovino.

Tabela 4. FDA – Maravalha de madeira e do esterco bovino

FDA					
Maravalha de Madeira			Esterco		
FDA	Média	Desvio	FDA	Média	Desvio
12,80%	11,90%	2,24	50,80%	48,14%	9,92
13,54%	11,90%	2,24	56,45%	48,14%	9,92
9,35%	11,90%	2,24	37,16%	48,14%	9,92

Fonte: Paes, 2012.

Berchielli et al (2001) encontrou valores de FDA no método de ANKOM, para a cana de açúcar 34,44%; capim braquiária 24,37%; silagem de milho 25,47%; polpa cítrica 12,75% e fezes de bovino 27,57%. Já o método de Van Soest (1967) a cana de açúcar apresentou 36,14%; capim braquiária 26,35%; silagem de milho 26,24%; polpa cítrica 21,77% e fezes de bovino 40,28%.

Os valores de FDA encontrados na maravalha de madeira foram em média 11,90%. Quando comparado o FDA da maravalha de madeira pelo método de ANKOM apresentado por Berchielli et al (2001), todos os materiais apresentaram FDA superior a maravalha de madeira começando pela cana de açúcar com 289,41% acima de FDA, seguida pelas fezes de bovino com 231,68%, silagem de milho com 214,03%, capim braquiária com 204,79% e polpa de cítrica com 107,14%. Comparados os valores de FDA da maravalha de madeira com método convencional de Berchielli et al (2001), todos os materiais apresentaram FDA superior a maravalha de madeira começando pelas fezes de bovino 338,49% acima de

FDA, seguido da cana de açúcar com 303,70%, capim braquiária 221,43%, silagem de milho com 220,50% e polpa cítrica com 182,94%. No método de ANKON a polpa cítrica apresentou FDA mais próximo da maravalha de madeira em torno de 107,14% acima de FDA. Já no método convencional a polpa cítrica apresentou o FDA mais próximo a maravalha de madeira em torno de 182,94% acima de FDA.

Os valores de FDA encontrados no esterco bovino foram em média 48,14%. Quando comparado o FDA do esterco bovino pelo método de ANKOM apresentado por Berchielli et al (2001), a polpa cítrica ficou 73,52% abaixo do FDA encontrado no esterco bovino, seguido do capim braquiária 49,38%, silagem de milho 47,09%; fezes de bovino com 42,73% e cana de açúcar com 28,46%. Comparados os valores de FDA do esterco bovino com método convencional de Berchielli et al (2001), a polpa cítrica ficou 54,78% abaixo de FDA encontrado no esterco bovino, seguido da silagem de milho com 45,49%, capim braquiária com 45,26%, cana de açúcar com 24,93% e fezes de bovino 16,33%. No método de ANKON a cana de açúcar apresentou FDA mais próximo do esterco bovino correspondendo a 71,54% do FDA. Já no método convencional as fezes de bovino apresentaram o FDA mais próximo a do esterco bovino, correspondendo a 83,67% do FDN do esterco.

Souza et al (1999) analisou o FDA do capim braquiária onde encontrou valores de 38,63 % de FDA. Ficando 324,62% acima do FDA da maravalha de madeira e 19,76% abaixo do FDA encontrado no esterco bovino. Já o FDA da silagem de milho encontrada por SOUZA et al (1999), apresentou 20,46%. Ficando 171,93% acima do FDA da maravalha de madeira e 57,50% abaixo do FDA encontrado no esterco bovino.

Silva E Queiroz (2002) analisou o FDA do capim braquiária onde encontrou valores de 36,66% de FDA. Ficando 308,07% acima do FDA da maravalha de madeira e 23,85% abaixo do FDA encontrado no esterco bovino. Já o FDA da silagem de milho encontrada por Silva e Queiroz (2002), apresentou 26,46%; ficando 226,55% acima do FDA da maravalha de madeira e 44% abaixo do FDA encontrado no esterco bovino.

Deste modo o FDA da maravalha de madeira apresentou o menor valor quando comparado com Berchielli et al (2001), Souza et al (1999) e Silva e Queiroz (2002), assim a maravalha de madeira pode ser considerado o material de fácil degradação num processo fermentativo realizado por microorganismos. Já o FDA do esterco bovino foi o mais elevado comparado com os autores Berchielli et al (2001), Souza et al (1999) e Silva E Queiroz (2002), mostrando que o esterco bovino é um material de difícil de degradação. Está difícil degradação do esterco bovino pode ser relacionada com a origem desse material, que tem

como origem o sistema gastrointestinal do animal. Onde o animal pode ter se alimentado de materiais com grande presença de celulose e lignina, moléculas de difícil degradação.

4.4 Análise completa de composto

Na análise completa de composto (tabela 5) verificou se primeiro o pH em água, onde todos os pontos encontra se com pH ácido numa média 6,11, como mostra a gráfico 8.

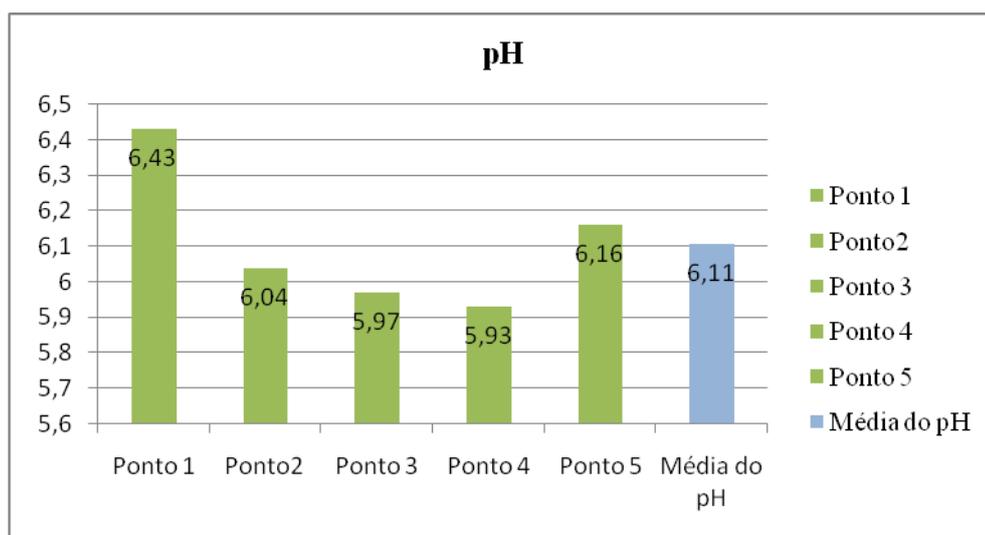


Figura 21. Índice da mensuração do pH de cada ponto e a média.
(Fonte: Paes, 2012).

A figura 21 acima mostra a relação do pH que foi encontrado em cada ponto da amostra e sua média. No ponto 1 encontrou se o pH mais elevado, seguido do ponto 5, ponto 2, ponto 3, o ponto 4 com o pH mais ácido 5,93. A média do pH do biocomposto formado foi em torno de 6,11, estando dentro do limite recomendado por Oliveira et al., (2008) e Martinazzo et al., (2007).

Deste modo o biocomposto formado apresentou um $\text{pH} \geq 7,0$ onde os macronutrientes estão disponíveis para as plantas. Na análise de composto foi realizada também a análise de macronutrientes e micronutrientes, onde vão ser apresentadas a seguir na tabela 5 análise química das amostras.

Tabela 5. Análise química das amostras

Identificação	PH em água	mg/dm ³		Cmol/dm ³						% V	g/dm ³ M.O.	% m	Ca/Mg	Mg/k	mg/dm ³						mg/L P-rem
		P	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC						Zn	Fe	Mn	Cu	B	S	
PONTO1	6,43	416,67	2185,40	2,43	2,59	3,43	0,60	10,61	14,04	75,60	25,52	5,35	0,94	0,46	96,80	259,70	215,20	0,00	1,13		80,25
PONTO2	6,04	379,39	1639,80	4,19	3,46	3,81	0,80	11,84	15,65	75,67	22,34	6,33	1,21	0,62	89,30	352,40	184,40	0,00	1,13		76,92
PONTO3	5,97	428,64	2310,10	3,29	3,56	4,80	0,50	12,76	17,56	72,67	27,27	3,77	0,92	0,60	95,70	467,50	190,50	0,00	0,98		74,81
PONTO4	5,93	335,73	1750,00	4,61	4,32	4,46	0,60	13,41	17,66	75,05	25,77	4,28	1,07	0,97	112,10	384,50	228,10	0,00	1,28		62,66
PONTO5	6,16	330,83	2030,60	3,23	3,42	4,05	0,40	11,84	15,90	74,49	28,19	3,27	0,94	0,66	96,00	303,70	172,20	0,00	1,28		93,23

Fonte: Laboratório de solo (IFSM Campus Inconfidentes, 2012).

A tabela acima mostra os pontos analisados no estudo, onde foram analisado fósforo, potássio, cálcio, manganês, matéria orgânica, zinco, ferro e magnésio, sendo estes de maior relevância para o setor agrícola. Na tabela 6 abaixo encontra se as médias dos nutrientes mais importantes para o desenvolvimento das plantas

Tabela 6. Média dos principais nutrientes da análise química

Média dos Nutrientes							
P	K	Ca	Mg	M.O	Zn	Fe	Mn
378,25	1983,16	3,55	17,35	25,82	98	353,56	197,68
mg/dm ³	mg/dm ³	Cmol/dm ³	Cmol/dm ³	g/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³

Fonte: Laboratório de solo IFSM Campus Inconfidentes, 2012 adaptada por Paes, 2012.

A tabela acima mostra a média dos principais nutrientes de uma análise de composto para poder ser aplicado no solo ou culturas. O biocomposto formado é rico em alguns nutrientes que são indispensáveis para a germinação, crescimento e flora mento de algumas plantas.

O fósforo é indispensável para o crescimento e produção vegetal; potássio é um dos elementos que são absorvidos pelos tecidos das plantas em alta taxa; cálcio é um dos macronutrientes que melhora o crescimento das raízes, aumento da atividade microbiana e reduz a acidez do solo; magnésio destaca-se a sua participação na clorofila, e ele é também um grande ativador de diversas enzimas; matéria orgânica melhora a quantidade de nutrientes no composto; zinco é um elemento que pode ser exigido para a síntese de clorofila em algumas plantas; ferro é importante no papel de componente de enzimas envolvidas na transferência de elétrons; manganês tem a função mais importante relacionada com os

processos de oxi- redução (é o desdobramento da molécula de água e na evolução do O₂ nos sistemas fotossintéticos).

4.5 Relação Carbono/Nitrogênio

Os resultados de C/N foram realizados com o composto bioestabilizado onde os valores obtidos foram 14/1, tendo uma variância de 11/1 a 18/1, onde está variância foi o erro pré-estabelecido pela metodologia no cálculo de relação C/N.

Deste modo com a relação C/N encontrada dentro do erro pode ser comparada com os resultados mostrados por Kiehl (1998) citado por Oliveira et. al., (2008), onde a relação de 18/1 encontrada mostra que o biocomposto atingiu a semicura ou a bioestabilização. Foi encontrado também o valor de 11/1 onde o resultado encontrado foi muito próximo ao encontrado por Kiehl (1998), onde ele encontrou uma relação de 10/1, que é considerado a relação ideal de maturidade, ou seja, transformou-se em produto acabado ou humificado. O gráfico a abaixo mostra os valores encontrados de C/N.

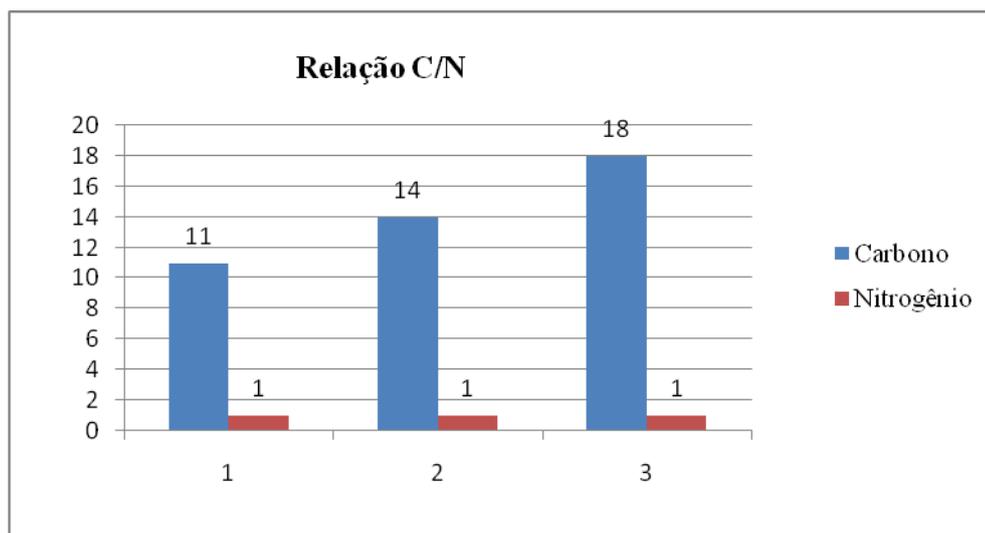


Figura 22. Relação C/N (Fonte: Paes, 2012).

A figura acima mostra a relação de carbono/ nitrogênio junto com erro pré-estabelecido. O ponto 2 foi o valor encontrado nos cálculos sendo 14/1, a partir deste valor observou se também os erros para mais ou menos variando 25%. A relação C/N do ponto 1 mostra o erro para menos, onde ele se encontrava 25% abaixo do ponto 2, sendo 11/1. A relação C/N do ponto 3 mostra o erro para mais, onde ele se encontra 25% acima do ponto 2, sendo 18/1.

4.6 Análises microbiológicas

4.6.1 Análise Aeróbios Mesófilos

A contagem de microrganismos aeróbios mesófilos variou de $1,2 \times 10^5$ UFC/ g no ponto 1 para $7,4 \times 10^5$ UFC/ g no ponto 2, a média da presença de microrganismo mesófilos foi em torno de $3,46 \times 10^5$ UFC/ g nas amostras dos pontos. A tabela abaixo mostra os valores dos pontos estudados.

Tabela 7. Aeróbios mesófilos e seus respectivos pontos

Amostras	Aeróbios Mesófilos
Ponto 1	$1,2 \times 10^5$ UFC/ g de amostra
Ponto 2	$7,4 \times 10^5$ UFC/ g de amostra
Ponto 3	$3,2 \times 10^5$ UFC/ g de amostra
Ponto 4	$2,8 \times 10^5$ UFC/ g de amostra
Ponto 5	$2,7 \times 10^5$ UFC/ g de amostra

Fonte: Laboratório de microbiologia IFSM Campus Inconfidentes, 2012.

A tabela acima mostra a relação de microrganismos aeróbios mesófilos em seus respectivos pontos que foram estudados. Onde o ponto 2 teve o maior valor $7,4 \times 10^5$ UFC/ g seguido do ponto 3 com $3,2 \times 10^5$ UFC/ g, ponto 4 com $2,8 \times 10^5$ UFC/ g, ponto 5 com $2,7 \times 10^5$ UFC/ g e o ponto 1 com $1,2 \times 10^5$ UFC/ g.

A alta concentração de microrganismos aeróbios mesófilos no biocomposto pode ter sido ocasionada pelo tempo de estabilização, onde o biocomposto ainda não se encontrava totalmente estabilizado quando passou por análise microbiológica, está pode ser uma justificativa para tal resultado.

4.6.2 Análise microbiológica de coliformes totais

A análise microbiológica de coliformes totais apresentou em todos os pontos valores de coliformes maiores 1100 NMP/g (numero mais provável), como mostra a tabela abaixo.

Tabela 8. Coliformes totais e seus respectivos pontos

Amostras	Coliformes Totais
Ponto 1	>1100 NMP/g de amostra
Ponto 2	>1100 NMP/g de amostra
Ponto 3	>1100 NMP/g de amostra
Ponto 4	>1100 NMP/g de amostra
Ponto 5	>1100 NMP/g de amostra

Fonte: Laboratório de microbiologia (IFSM Campus Inconfidentes, 2012).

A tabela acima mostra a relação dos pontos do experimento com os resultados de coliformes totais. Todos os pontos estudados apresentaram valores de coliformes totais >1100 NMP/g de amostra.

Júnior e Orrico et al (2009) analisaram a presença de coliformes totais na compostagem sendo que na fase inicial o processo apresentava $4,3 \times 10^7$ NMP no início do trabalho, após passar 35 dias a presença de coliformes totais caiu para 3,6 NMP, chegando a eliminar todos os coliformes no final do processo, mostrando assim que o processo de compostagem é capaz de eliminar determinados microorganismos.

Júnior e Orrico et al (2010) analisaram a presença de coliformes totais na compostagem de cama de frango e carcaças de aves, onde na fase inicial do processo houve grande concentração de coliformes totais $1,1 \times 10^8$, após passar 60 dias essa concentração diminuiu chegando a $4,6 \times 10^6$ NMP, depois de 100 dias a concentração de coliformes chegou a 6 NMP, e no final do processo de compostagem não foi registrado a presença de coliformes totais.

A grande presença de coliformes totais nos cinco pontos estudados mostra que houve algum erro na logística ou no manejo da composteira, pois a presença de coliformes totais foi superior a >1100 NMP/g de amostra. Apesar de alguns autores como Redlinger et al. (2001) citado por Symanski (2005), dizerem que é muito difícil a eliminação de microrganismos coliformes no processo de compostagem.

Os cuidados que devem ser realizados neste processo para evitar a presença alta de coliformes totais são fazer o revolvimento evitando que os microrganismos fiquem apenas em uma parte do material a ser compostado, ajudando assim nas trocas gasosas, cuidado no manejo e monitoramento constante fazendo observações de temperatura e umidade.

4.7 Biocomposto formado

A quantidade de biocomposto produzido no processo de compostagem foi em torno de 83,1 Kg, onde houve uma decomposição de 59,67% dos materiais (vísceras de bovino, água, esterco e serragem) colocados na composteira, totalizando uma perda de 122,95 Kg do composto inicial.

O composto formado apresentou odor agradável, cor escura bem homogênea e presença de anélidos (minhocas), como mostra as figuras a seguir. A presença de minhocas no biocomposto pode ser um bioindicador que o processo de compostagem de vísceras de bovino ocorreu de maneira satisfatória.



Figura 23. Minhocas encontradas no biocomposto
(Fonte: Paes, 2012).



Figura 24. Imagem de uma minhoca no biocomposto
(Fonte: Paes, 2012).

5. CONCLUSÕES

O trabalho mostrou que a os resíduos gerados no IFSM Campus Inconfidentes nos setores do abatedouro, serralheria e bovinocultura, podem ser reutilizados pelo próprio instituto na forma de biocompostagem, evitando assim contaminação do meio ambiente, pois os resíduos tratados na compostagem podem ser reintroduzidos na cadeia produtiva primária, na forma de adubo orgânico.

O biocomposto obtido foi de boa qualidade como mostrou análise do composto formado, este pode ser usado na adubação de culturas perenes do instituto, tais como, café, laranja, acerola e entre outras árvores frutíferas do pomar. Este estudo também pode servir para fomentar outros trabalhos correlacionados com este tema no instituto, e, servir de referência quando abordado o assunto de destinação adequada de resíduos de animais de abatedouros.

Recomendações técnicas

No processo de biocompostagem devem seguir algumas recomendações, para que o processo de compostagem ocorra de forma controlada:

1. A primeira recomendação é na construção da composteira, que pode ser realizada em caixas de madeira, no chão, em construções civis e entre outras estruturas. A sua construção deve ficar sentido leste oeste, seguindo o caminhar do sol, evitando assim que o material a ser compostado perca umidade e ressecamento. A construção deve ser impermeabilizada com estruturas de cimento, plástico e entre outras, evitando que no processo de compostagem escorra algum chorume para o solo, que pode contaminar o lençol freático.

2. A escolha dos materiais que serão utilizados no processo de biocompostagem devem ser matérias com baixa contaminação de metais pesados e contaminantes infectocontagiosos. Pois estes materiais podem contaminar o produto final o biocomposto.

3. Montagem das pilhas na composteira deve ser colocada de forma ordenada e controlada. Onde os materiais devem ser pesados e colocados na mesma quantidade, e colocar $\frac{1}{2}$ litro de água para cada quilo de material ser compostado, deixando assim a biocompostagem com umidade ideal para a proliferação de microorganismos, que são os responsáveis pelo processo.

4. O monitoramento da composteira deve ser realizado diariamente. Analisando a temperatura, umidade, aeração e observações gerais como presença de chorume, odor, insetos e clima. A temperatura deve ser medida diariamente para analisar se a compostagem está funcionando, pois a temperatura mostra como está o processo fermentativo dos microorganismos na degradação dos materiais, a temperatura ideal nesse processo deve ser em torno de 40 a 55°C. A umidade deve ser em torno de 50 a 60%, pois é essencial para a proliferação dos microorganismos, responsáveis pela compostagem. A aeração também deve ser controlada, onde recomenda se fizer revolvimentos quinzenalmente, este revolvimento ajuda nas trocas gasosas e evita o processo anaeróbico de compostagem, que causa o odor não agradável.

5. O tempo do processo de biocompostagem aeróbico varia de 90 a 120 dias, sendo que em algumas condições o processo pode retardar ou parar, como por exemplo, a falta de umidade ou o excesso da mesma.

6. O material que passou pelo processo de biocompostagem é chamado de biocomposto, este material apresenta um aparência de coloração escura e odor agradável, sendo rico em nutrientes.

7. O biocomposto formado pode ser utilizado em diversas áreas como, por exemplo, agricultura, recuperação de áreas degradadas e entre outras. O composto também pode servir de enriquecimento de outros compostos vendidos no mercado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BERCHIELLI, T. T.; SADER, A. P. O.; TONANI, F. L.; PAZIANI, S. F.; ANDRADE, P. Avaliação da determinação da fibra em detergente neutro e da fibra em detergente ácido pelo sistema ANKOM. **Revista brasileira de zootecnia.**, 30(5):1572-1578,2001.

BRITO, L. M. **Compostagem para a agricultura biológica.** Manual de agricultura biológica – Terras de Bouro, Portugal 2006.

CARLI, S. T. **Uso de degradadores biológicos na aceleração do processo de compostagem dos resíduos orgânicos vegetais e palhas de embalagem** – estudo de caso na Ceasa – Curitiba. Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba – PR, 2010.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos.** Editora da UNICAMP, 2ª Edição da Revista, dezembro de 2010.

COELHO, F. C. **Composto orgânico.** Manual técnico. Programa Rio Rural, 03 ISSN 1983-5671. Niterói – RJ, julho de 2008.

COSTA, M. S. S. M.; COSTA, L. A. M.; DECARLI, L. D; PELA, A.; SILVA, C.J.; MATTER, U.F.; OLIBONE, D. Compostagem de resíduos de frigorífico **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v 13, n.1,p.100-107,2009. Campina Grande, PB, UAEA/UFPG.

DAI PRA, M.A; MARONEZI, C. **Compostagem de carcaças de aves.** Informe Técnico Biovet – ano 03/ n.22/ 2005. Perdigão Agroindustrial S.A. – Regional Rio Grande Do Sul.

DA SILVA, C. A.; ANDREOLI, C. V. **Compostagem como alternativa a disposição final dos resíduos sólidos gerados na CEASA Curitiba/PR.** Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, São Paulo, v. 7, n. 2, p. 027-040, abr. /jun. 2010.

DINIZ, A. M.; CICHOVSKI, E. B.; SOUZA, E. L. C.; CAMPOS, F.S.; NAZARE, J. M. M.; SILVA, J. B.; FILHO, L. A. R. P. **Compostagem: produção de adubo a partir de resíduos orgânicos.** Belém – Pará, 2003.

EZEQUIEL, J. M. B.; SOARES, W. V. B.; SEIXAS, J. R. C. Digestibilidade *in vitro* da matéria seca, nitrogênio e fibra em detergente ácido de dietas completas contendo farelo de algodão, ureia ou amiréia. **Revista brasileira de zootecnia**, 30(1):236-241,2001.

FEAM. **Como destinar resíduos sólidos urbanos**. Fundação estadual do meio ambiente. Belo horizonte FEAM, 2002.

FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. **Manual prático para a compostagem de biossólidos**. Universidade Estadual de Londrina. Londrina – PR, (s/d).

FUKUSHIMA, R. S.; ROSA, A. J. M.; LIMA, C. G.; CUNHA, J. A. Comparação entre dois métodos analíticos para determinação da lignina de algumas gramíneas forrageiras. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília v.34, n.6, p.1025, junho de 1999.

GONÇALVES, M. S. **Gestão de resíduos orgânicos**. Sociedade Portuguesa de Inovação Consultoria Empresarial e Fomento da Inovação, S.A. Portugal – Porto, 2005.

IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes. Laboratório de solos, microbiologia e bromatologia. 2011/2012

JÚNIOR, M. A. P. O. **Biodigestão anaeróbia e compostagem de dejetos de suínos, com e sem separação de sólidos**. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Campus de Jaboticabal – São Paulo 2007.

JÚNIOR, M. A. P. O.; ORRICO, A. C. A.; JÚNIOR, J. L. **Compostagem dos resíduos da produção avícola: cama de frangos e carcaças de aves**. Engenharia agrícola, Jaboticabal, v.30, n.3, p.538-545, maio/jun. 2010.

JÚNIOR, M. A. P. O.; ORRICO, A. C. A.; JÚNIOR, J. L. **Compostagem da fração sólida da água residuária de suinocultura**. Engenharia agrícola, Jaboticabal, v 29, n 3, p.483-491, jul/set. 2009.

KIEHL, E. D. **Fertilizantes Orgânicos**. Editora Agronômica Ceres Ltda. São Paulo – 1985.

MAPA – Ministério da Agricultura e Pecuária e Abastecimento. Oficializar os Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água. **Instrução normativa N° 62**, de 26 de agosto de 2003.

MATOS, T. A.; **Tratamento de resíduos agroindustriais**. Departamento de Engenharia Agrícola e Ambiental, Universidade Federal de Viçosa, maio de 2005.

MELO, L.C.A; SILVA, C.A. **Influência de métodos de digestão e massa de amostra na recuperação de nutrientes em resíduos orgânicos**. Departamento de Ciência do Solo, Universidade Federal de Lavras, CP 3037, 37200-000 Lavras - MG, Brasil. Artigo de *Química. Nova*, Vol. 31, No. 3, 556-561, 2008.

MELO, G.M.P., MELO, V.P., MELO, W.J. **Compostagem**. Jaboticabal, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2007. 10p. Disponível em www.ambientenet.eng.br.

MÔNICA S. S. DE M.; COSTA, LUIZ A. DE M.; COSTA, A.P.; SILVA, C. J.; DECARLI, L. D.; & MATTER, U. F. Desempenho de quatro sistemas para compostagem de carcaça de aves. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.10, n.3, p.692–698, 2006 - Campina Grande, PB.

MÔNICA S. S. DE M. COSTA; LUIZ A. DE M. COSTA; OLIBONE, D; RÖDER, C; BURIN, A; KAUFMANN, A.V; ORTOLAN, M.L. Efeito da aeração no primeiro estágio da compostagem de carcaça de aves: efeito da aeração no primeiro estágio da compostagem de carcaça de aves. **Revista Eng. Agrícola.**, Jaboticabal, v.25, n.2, p.549-556, maio/ago. 2005.

MOURALES, M. M.; XAVIER, C. A. N.; SILVA, A. A.; JUNIOR, J. L. **Uso da compostagem para tratamento de resíduo sólido de abatedouro de bovinos.** X Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e VI Encontro Latino Americano de Pós-Graduação – Universidade do Vale do Paraíba - Departamento de Engenharia Rural da faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) da UNESP – Campus de Jaboticabal, (S/D).

NUNES, M. U.C. **Compostagem de resíduos para produção de adubo orgânico na pequena propriedade.** Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE, 2009.

OLIVEIRA, A. M. G.; AQUINO, A. M. ; NETO, M. T. C. **Compostagem caseira de lixo orgânico doméstico.** EMBRAPA Circular Técnica 76. Cruz das Almas – BA, dezembro de 2005.

OLIVEIRA, E. C. A.; SARTORI, R. H.; GARCEZ, T. B. **COMPOSTAGEM.** Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas. Piracicaba – SP, maio de 2008.

OLIVEIRA, F. N. S.; LIMA, H. J. M.; CAPAZEIRA, J. P. **USO DA COMPOSTAGEM EM SISTEMAS AGRICOLAS ORGANICOS.** EMBRAPA Documentos 89, Fortaleza – CE, 2004.

OLIVEIRA, L. H. S.; CORRÊA, M. C. M.; LOPES, W. C.; REBOUÇAS, K.O.; CRISÓSTOMO, L, A. **Processo de compostagem de resíduos orgânicos da agroindústria para produção de substratos agrícolas.** VI Encontro Nacional Sobre Substratos para Plantas Materiais Regionais como Substrato. Fortaleza – CE, 9 a 12 de setembro de 2008.

OLIVEIRA, M. F. **Identificação e caracterização de actinomicetos isolados de processo de compostagem.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, março de 2003.

OLIVEIRA, P. A. V.; HIGARASHI, M.M. **Unidade de compostagem para o tratamento dos dejetos de suínos.** EMBRAPA Documentos 114. Concórdia – SC, junho 2006.

ORRICO JÚNIOR, M.A.P; ORRICO, A.C.A; JÚNIOR, J.L. **Compostagem dos resíduos da produção avícola: cama de frangos e carcaças de aves.** Revista de Engenharia. Agrícola, Jaboticabal, v.30, n.3, p.538-545, maio/jun. 2010.

OTENIO, M. H.; CUNHA, C. M.; ROCHA, B.B. **Compostagem de carcaças de grandes animais.** Comunicado Técnico 61 – EMBRAPA Gado de Leite, Juiz de Fora – MG, dezembro de 2010.

PADINHA, A. C. M.; LEAVY, S.; SAMPAIO, A.; JERÔNIMO, F. B.; **Gestão ambiental de resíduos da produção na Perdigão Agroindustrial S/A – Unidade Industrial de Serafina Corrêa –RS.** XLIII CONGRESSO DA SOBER, Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural. Ribeirão Preto, 24 a 27 de julho de 2005.

PAES, M. J. P. **Fotos**. 2011 e 2012.

PAIVA, E. C. R. **Avaliação da compostagem de carcaças de frango pelos métodos da composteira e leiras estáticas e aeradas**. Viçosa, MG, 2008. Disponível em: http://www.dec.ufv.br/modules/mastop_publish/files/files_4cadbacda0498.pdf Acessado em 20 mar.2011.

PAIVA, E.C.R.; ,MATOS, A.T; COSTA, T.D.R; JUSTINO, E.A; PAULA, H.M. **A qualidade agrônômica do composto produzido a partir de carcaças de frango e diferentes materiais orgânicos**. I - Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental 2010 – Bauru – SP.

PAIVA, E. C.R; ,MATOS, A.T; COSTA, T. D. R; JUSTINO, E.A; PAULA, H. M. **Comportamento do pH e da temperatura do material durante a compostagem de carcaças de frango com diferentes materiais orgânicos**. I - Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental 2010 – Bauru – SP.

PEDROSO DE PAIVA, D. **Compostagem: destino correto para animais mortos e restos de parição**. Embrapa Suínos e Aves, Concórdia, 2004. Disponível em: http://www.cnpsa.embrapa.br/pnma/pdf_doc/4-Doracompostagem.Pdf. Acesso em 20 mar.2011.

PEDROSO DE PAIVA, D. **Guia para operar uma composteira de aves mortas**. EMBRAPA, Laboratório de Sanidade – Parasitologia Texto traduzido e adaptado, 2004.

PEREIRA NETO, J. T. **Compostagem: Fundamentos e Métodos**. In: Simpósio Sobre Compostagem, 2004. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista - Departamento de Recursos Naturais, Botucatu – SP, 2004.

PRADO E SILVA, L. F.; MACHADO, P. F.; JÚNIOR, J. C. DE F.; DONIZETTI, M.; PEREIRA, A. R. Relação entre a composição química e a degradabilidade in situ da matéria seca e fibra detergente neutro da fração volumosa de híbridos de milho. **Revista brasileira de zootecnia**. v.29. n.1. 2000. p.288-294.

PROFERT – MG. **Manual do laboratorista**. Programa interlaboratorial de controle de qualidade de análise de solo. Emissão dia 6 de julho de 2005.

QUARTAROLI, L.; DREIFUS, V.T.; VIDAL, C. M. S.; **Tratamento de efluentes líquidos de abatedouros e frigoríficos**. VII Semana de Engenharia Ambiental, 01 a 04 julho, 2009, Campus Irati.

REZENDE, F. A. **Aceleração do processo de compostagem de resíduos sólidos: avaliação de fertilizantes obtidos em uma usina de compostagem no litoral norte da Bahia**. Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Pós-graduação em Geoquímica e Meio Ambiente, Salvador – BA, 2005.

RODELLA, A. A.; ALCARDE, J. C. **Avaliação de materiais orgânicos empregados como fertilizantes**. Departamento de Química – ESALQ/USP. Piracicaba, SP – Set/Nov.1994.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)**. 2.ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002.

SILVA, E. C. F. **Produção de composto orgânico**. Escola Agrotécnica de Muzambinho – MG, Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura. Muzambinho – MG, 2008.

SILVA, L. F.P.; MACHADO, P. F.; JUNIOR, J. C. F.; DONIZETTI, M.; PEREIRA, A.R. Relação entre composição química e a degradabilidade *in situ* da matéria seca e da fibra em detergente neutro da fração volumosa de híbridos de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**. 29(1): 288-294, 2000.

SILVA, L.N. **Processo de compostagem com diferentes porcentagens de resíduos sólidos agroindustriais**. Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola – Mestrado. Cascavel – Paraná, julho de 2007.

SILVA, M. C. **Avaliação da qualidade microbiológica de alimentos com a utilização de metodologias convencionais e do sistema simplate**. Dissertação para obtenção do título de mestre em ciências, área de concentração: ciência e tecnologia de alimentos. Escola superior de agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba – SP, maio de 2002.

SOUZA, G.B; NOGUEIRA, A. R. A.; SUMI, L. M.; et al. **Método alternativo para a determinação de fibra em detergente neutro e detergente ácido**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 1999.

SUNADA, N.S.; ORRICO, A.C.A.; GARCIA, R.G.; FRANCISCO, N.S.; BELLONI, M.; OLIVEIRA, A.B.M.O. **Revisão de literatura compostagem de resíduo de abatedouro avícola**. Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS. VI Simpósio de Ciências e VII Encontro de Zootecnia da UNESP – Dracena, outubro de 2010.

SYMANSKI, C. S. **Caracterização de bactérias mesófilas presentes em processo de compostagem**. Dissertação apresentada para obtenção do grau de mestre em microbiologia agrícola e do ambiente. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS, março de 2005.

VALENTE, B.S; CORRÊA, É,K; BRUM JR, B.S; MANZKE, N. E; JAHNKE, D.S; CABRERA, B.R; ORTIZ, T.S; FAROFA, T.S; CORRÊA, O.O; ALMEIDA, G.R. **Comportamento da temperatura da biomassa durante o processo de compostagem de carcaças avícolas**. XVI CIC – Congresso de Iniciação Científica Pesquisa e Responsabilidade Ambiental e IX ENPOS – Encontro de Pós Graduação – 2007.

VICENZI, R. **Apostila de bromatologia**. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – Departamento de ciências da saúde curso de nutrição.

7. ANEXOS

7.1 Anexo 1 CAPÍTULO I - CONTAGEM PADRÃO DE MICRORGANISMOS MESÓFILOS AERÓBIOS ESTRITOS E FACULTATIVOS VIÁVEIS

7.1.1 OBJETIVOS E ALCANCE

Estabelecer procedimento para a contagem padrão de microrganismos mesófilos aeróbios estritos e facultativos viáveis.

Aplica-se a amostras de matérias-primas, água e alimentos.

7.1.2 FUNDAMENTOS

Baseia-se na semeadura da amostra ou de suas diluições em ágar padrão para contagem seguida de incubação em temperatura de $36 \pm 1^\circ\text{C}$ por 48 horas.

7.1.3 REAGENTES E MATERIAIS

Vidraria e demais insumos básicos obrigatórios em laboratórios de microbiologia de alimentos; Agar padrão para contagem (PCA);

Solução salina peptonada 0,1%.

7.1.4 EQUIPAMENTOS

Equipamentos básicos obrigatórios em laboratórios de microbiologia de alimentos.

7.1.5 PROCEDIMENTOS

Pesagem e preparo da amostra: Pesar $25 \pm 0,2$ g ou pipetar $25 \pm 0,2$ mL da amostra, de acordo com as instruções contidas no Anexo V, “Procedimentos para o preparo, pesagem e descarte de amostras”, deste Manual.

Adicionar 225 mL de solução salina peptonada 0,1%.

Homogeneizar por aproximadamente 60 segundos em “stomacher”.

Esta é a diluição 10-1.

Inoculação em placas: A partir da diluição inicial (10-1), efetuar as demais diluições desejadas em solução salina peptonada 0,1%, de acordo com as instruções contidas no Anexo II, “Diluições e soluções”, deste Manual.

Semear 1 mL de cada diluição selecionada em placas de Petri estéreis.

Adicionar cerca de 15 a 20 mL de PCA fundido e mantido em banho-maria a 46-48°C.

Homogeneizar adequadamente o ágar com o inóculo.

Deixar solidificar em superfície plana.

5.3 Incubação: Incubar as placas invertidas a $36 \pm 1^\circ\text{C}$ por 48 horas.

5.4 Leitura: Segundo o tipo de amostra em análise, realizar a leitura selecionando as placas de acordo com o seguinte critério, contando todas as colônias presentes:

Produtos em geral: Placas que contenham entre 25 e 250 colônias; Amostras de água: Placas que contenham entre 30 e 300 colônias.

7.1.6 RESULTADOS

A partir dos dados obtidos, calcular o número de microrganismos presentes na amostra em análise, seguindo as instruções contidas no Anexo IV, “Procedimentos para contagem de colônias”, deste Manual.

Expressar o resultado em UFC/g ou mL.

7.1.7 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

FRANK, J.F. Microbial spoilage of foods: Milk and dairy products. **In:** Food Microbiology Fundamentals and Frontiers. Michael P. Doyle, Beuchat, L.R.; Montville, T.J. (Eds.). ASM Press Washington D.C., p. 101-116.

MORTON, R.D. Aerobic Plate Count. **In:** Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods, 4. ed. Washington DC. American Public Health Association. Frances Pouch Downes & Keith Ito (Eds.), 2001. p.63-67.

7.2 Anexo 2 - CAPÍTULO X - NÚMERO MAIS PROVÁVEL DE COLIFORMES TOTAIS E COLIFORMES TERMOTOLERANTES EM ALIMENTOS

7.2.1 OBJETIVOS E ALCANCE

Estabelecer procedimento para a determinação do Número Mais Provável de coliformes totais e termotolerantes em alimentos.

Aplica-se a amostras de matérias-primas e alimentos, devendo ser utilizada quando o limite máximo tolerado for inferior a 100 UFC/g ou mL.

7.2.2 FUNDAMENTOS

Prova presuntiva: Baseia-se na inoculação da amostra em caldo lauril sulfato de sódio, em que a presença de coliformes é evidenciada pela formação de gás nos tubos de Durhan, produzido pela fermentação da lactose contida no meio.

O caldo lauril sulfato de sódio apresenta, em sua composição, uma mistura de fosfatos que lhe confere um poder tamponante, impedindo a sua acidificação. A seletividade do meio se deve à presença do lauril sulfato de sódio, um agente surfactante aniônico que atua na membrana citoplasmática de microrganismos Gram positivos, inibindo o seu crescimento.

Prova confirmativa para coliformes totais: A confirmação da presença de coliformes totais é feita por meio da inoculação dos tubos positivos para a fermentação de lactose em caldo verde brilhante bile lactose 2% e posterior incubação a $36 \pm 1^\circ\text{C}$. A presença de gás nos tubos de Durhan do caldo verde brilhante evidencia a fermentação da lactose presente no meio.

O caldo verde brilhante bile lactose 2% apresenta, em sua composição, bile bovina e um corante derivado do trifenilmetano (verde brilhante), responsáveis pela inibição dos microrganismos Gram positivos.

Prova confirmativa para coliformes termotolerantes: A confirmação da presença de coliformes termotolerantes é feita por meio da inoculação em caldo EC, com incubação em temperatura seletiva de $45 \pm 0,2^\circ\text{C}$ a partir dos tubos positivos obtidos na prova presuntiva. A presença de gás nos tubos de Durhan evidencia a fermentação da lactose presente no meio.

O caldo EC apresenta em sua composição uma mistura de fosfatos que lhe confere um poder tamponante, impedindo a sua acidificação. A seletividade do meio se deve à presença de sais biliares, responsáveis pela inibição dos microrganismos Gram positivos.

7.2.3 REAGENTES E MATERIAIS

Vidraria e demais insumos básicos obrigatórios em laboratórios de microbiologia de alimentos;

Caldo lauril sulfato de sódio concentração simples;

Caldo lauril sulfato de sódio concentração dupla;

Caldo verde brilhante bile lactose 2%;

Caldo EC;

Solução salina peptonada 0,1%.

7.2.4 EQUIPAMENTOS

Equipamentos básicos obrigatórios em laboratórios de microbiologia de alimentos.

Banho-maria com movimentação de água (agitação ou circulação).

7.2.5 PROCEDIMENTOS

7.2.5.1 Pesagem e preparo da amostra

Produtos sólidos e pastosos: Pesar $25 \pm 0,2$ g ou pipetar $25 \pm 0,2$ mL da amostra de acordo com as instruções contidas no Anexo V, "Procedimentos para o preparo, pesagem e descarte de amostras", deste Manual.

Adicionar 225 mL de solução salina peptonada 0,1%.

Homogeneizar por aproximadamente 60 segundos em "stomacher".

Esta é a diluição 10-1.

Produtos líquidos: Preparar as amostras de acordo com as instruções contidas no Anexo V, "Procedimentos para o preparo, pesagem e descarte de amostras", deste Manual.

Procedimentos de controle: Aplicar os procedimentos de controle específicos estabelecidos pelo laboratório.

7.2.5.3 Prova presuntiva

7.2.5.3.1 Inoculação

Produtos sólidos, pastosos e creme de leite pasteurizado: A partir da diluição inicial (10-1), inocular volumes de 10 mL em série de 3 tubos contendo caldo lauril sulfato de sódio em concentração dupla (corresponde à diluição 10^0).

A seguir, inocular volumes de 1 mL da diluição inicial (10-1) em uma série de 3 tubos contendo caldo lauril sulfato de sódio em concentração simples.

A partir da diluição 10-1, preparar a diluição 10-2 em solução salina peptonada 0,1% de acordo com as instruções contidas no Anexo II, "Diluições e soluções", deste Manual.

Inocular 1 mL da diluição 10-2 na terceira série de 3 tubos.

Havendo necessidade, outras diluições decimais podem ser inoculadas em séries de 3 tubos.

Produtos líquidos: Diretamente da amostra (100), inocular volumes de 1 mL em uma série de 3 tubos contendo caldo lauril sulfato de sódio em concentração simples.

Transferir também 1 mL da amostra para tubo contendo solução salina peptonada 0,1% de forma a obter a diluição 10⁻¹.

A partir da diluição 10⁻¹, efetuar as demais diluições desejadas em solução salina peptonada 0,1% de acordo com as instruções contidas no Anexo II, “Diluições e soluções”, deste Manual.

A seguir, inocular volumes de 1 mL da diluição 10⁻¹ na segunda série de 3 tubos contendo caldo lauril sulfato de sódio em concentração simples.

Inocular 1 mL da diluição 10⁻² na terceira série de 3 tubos.

Havendo necessidade, outras diluições decimais poderão ser inoculadas em séries de 3 tubos.

Incubação: Incubar os tubos a 36 ± 1°C por 24 a 48 horas.

Leitura: A suspeita de coliformes totais é indicada pela formação de gás nos tubos de Durham (mínimo 1/10 do volume total) ou efervescência quando agitado gentilmente.

Anotar o número de tubos positivos em cada série de diluição.

Observação: A leitura pode ser feita após 24 horas de incubação, porém, só serão válidos os resultados positivos. Os tubos que apresentarem resultado negativo deverão ser reincubados por mais 24 horas.

7.2.5.4 Prova confirmativa

7.2.5.4.1 Coliformes Totais

Inoculação: Repicar cada tubo positivo de caldo lauril sulfato de sódio obtido na prova presuntiva, para tubo contendo caldo verde brilhante bile 2% lactose.

Incubação: Incubar os tubos a 36 ± 1°C por 24 a 48 horas.

Leitura: A presença de coliformes totais é confirmada pela formação de gás (mínimo 1/10 do volume total do tubo de Durham) ou efervescência quando agitado gentilmente.

Anotar o número de tubos positivos em cada série de diluição.

Observação: A leitura pode ser feita após 24 horas de incubação, porém, só serão válidos os resultados positivos. Os tubos que apresentarem resultado negativo deverão ser reincubados por mais 24 horas.

7.2.5.4.2 Coliformes Termotolerantes

Inoculação: Repicar cada tubo positivo de caldo lauril sulfato de sódio, obtido na prova presuntiva, para tubo contendo caldo EC.

Incubação: Incubar os tubos a $45 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$, por 24 a 48 horas em banho-maria com agitação ou circulação de água.

Leitura: A presença de coliformes termotolerantes é confirmada pela formação de gás (mínimo 1/10 do volume total do tubo de Durham) ou efervescência quando agitado gentilmente.

Anotar o resultado obtido para cada tubo, bem como a diluição utilizada.

Observação: A leitura pode ser feita após 24 horas de incubação, porém, só serão válidos os resultados positivos. Os tubos que apresentarem resultado negativo deverão ser reincubados por mais 24 horas.

7.2.6 RESULTADOS

A partir da combinação de números correspondentes aos tubos que apresentaram resultado positivo em cada um dos testes confirmativos (coliformes totais e coliformes termotolerantes), verificar o Número Mais Provável de acordo com o Anexo III, "Procedimentos básicos de contagem", deste Manual.

Certificar-se que a tabela de NMP usada é a indicada para o caso específico.

Expressar o valor obtido em NMP/g ou mL.

7.2.7 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

HITCHINS, A.D.; FENG, P.; WATKINS W.D.; RIPPEY S.R.; CHANDLER L.A. *Escherichia coli* and the Coliform bacteria. **In:** Bacteriological Analytical Manual Online. 2001. Disponível em: [http:// www.cfsan.fda.gov](http://www.cfsan.fda.gov).

KORNACKI, J.L.; JOHNSON, J.L. *Enterobacteriaceae*, Coliforms and *Escherichia coli* as Quality and Safety Indicators. **In:** Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods, 4. ed. Washington DC. American Public Health Association. Frances Pouch Downes & Keith Ito (Eds.), 2001. p. 69-82.