



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CÂMPUS ERECHIM
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

FABIANE FERNANDA CZAPELA

**AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA EM PROCESSOS DE COMPOSTAGEM DE
RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS EM PEQUENA ESCALA**

ERECHIM - RS

2016

FABIANE FERNANDA CZAPELA

**AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA EM PROCESSOS DE COMPOSTAGEM DE
RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS EM PEQUENA ESCALA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Pavan Korf

Coorientadora: Profa. Dra. Helen Treichel

ERECHIM - RS

2016

DGI/DGCI - Divisão de Gestão de Conhecimento e Inovação

Czapela, Fabiane Fernanda
AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA EM PROCESSOS DE COMPOSTAGEM
DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS EM PEQUENA ESCALA / Fabiane
Fernanda Czapela. -- 2016.
66 f.:il.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Pavan Korf.
Co-orientadora: Prof. Dr. Helen Treichel.
Trabalho de conclusão de curso (graduação) -
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de
Engenharia Ambiental , Erechim, RS , 2016.

1. Compostagem. 2. Pequena escala. 3. Microrganismos
patogênicos. 4. Avaliação microbiológica. 5. Controles.
I. Korf, Prof. Dr. Eduardo Pavan, orient. II. Treichel,
Prof. Dr. Helen, co-orient. III. Universidade Federal da
Fronteira Sul. IV. Título.

FABIANE FERNANDA CZAPELA

**AVALIAÇÃO MICROBIOLÓGICA EM PROCESSOS DE COMPOSTAGEM DE
RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS EM PEQUENA ESCALA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal da Fronteira Sul, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Pavan Korf

Coorientadora: Profa. Dra. Helen Treichel

Aprovada em ____/____/____

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Eduardo Pavan Korf (orientador)
UFFS – Erechim

Profa. Dra. Helen Treichel (coorientadora)
UFFS – Erechim

Profa. Dra. Gean Delise L. P. Vargas
UFFS – Erechim

RESUMO

O presente trabalho tem como principal objetivo contribuir para o estudo e melhoria dos processos de compostagem de resíduos agroindustriais gerados em pequenas Propriedades, buscando a produção de composto orgânico de qualidade. Para isso realizou-se uma avaliação microbiológica em processos de compostagem em pequena escala. Foram coletadas amostras com diferentes tempos de permanência na composteira de três Propriedades distintas da região do Alto Uruguai e também do Oeste Catarinense, denominadas como Propriedade 1, 2 e 3. Entre os parâmetros analisados esteve o pH, considerado importante quando relacionado ao processo de compostagem. Também foram realizadas análises microbiológicas para verificação de bactérias, fungos e outros microrganismos existentes neste tipo de resíduo, inclusive os de caráter patogênico. O estudo focou na detecção de microrganismos patogênicos como Coliformes Totais, Coliformes Termotolerantes e *Salmonella sp.* e ainda Bolores e Leveduras. A metodologia utilizada baseou-se em estudos realizados com resíduos alimentares. Quanto aos resultados, foi detectada a presença de Coliformes Termotolerantes em algumas amostras analisadas, no entanto, em níveis ainda permitidos pela legislação. A contabilização destes foi feita através do NMP. Houve a presença de *Salmonella sp.* que pode estar associado a condições de higiene dos resíduos alimentares. Neste caso foi verificada ausência ou presença nas amostras. Também foi observada a presença de Bolores e Leveduras nas amostras das três Propriedades, contabilizadas através de UFC. Isto está relacionado com a ocorrência natural destes microrganismos na compostagem e também associado à presença de substratos com elevado teor de açúcar. Pode-se concluir que quanto maior o tempo de permanência na composteira menor a quantidade de patógenos. E que o controle do processo influencia consideravelmente na qualidade do composto final. Uma das sugestões de melhoria nos processos de compostagem em pequena escala é o revolvimento da leira de compostagem. Isto contribui para a introdução de oxigênio no interior da leira, favorece a atividade microbiana e aumenta a temperatura da leira, eliminando microrganismos patogênicos.

Palavras-chave: Compostagem. Pequena escala. Microrganismos patogênicos. Avaliação microbiológica.

ABSTRACT

This work aims to contribute to the study and improvement of agro-industrial waste composting processes generated in small properties, seeking the production of organic quality compost. For this we carried out a microbiological evaluation in composting processes on a small scale. Samples were collected with different residence times in the composter three distinct properties of the Alto Uruguay region and the Catarinense West, known as property 1, 2 and 3. Among the parameters analyzed was the pH, considered important when related to the composting process. Also, microbiological testing for verification of bacteria were performed, fungi and other microorganisms existing in this type of waste, including the pathogenic character. The study focused on the detection of pathogenic microorganisms such as Total Coliforms, Coliforms thermotolerant and Salmonella sp. and still Yeast and Molds. The methodology used was based on studies of food waste. As the results, it detected the presence of thermotolerant coliforms in some samples, however, even at levels allowed by law. The accounting of these was done through the NMP. There was the presence of Salmonella sp. which can be associated with waste food hygiene. In this case it was observed the presence or absence in the sample. It was also observed the presence of yeasts and molds in the samples of the three properties, accounted for by the UFC. This is related to the natural occurrence of these microorganisms in compost and also associated the presence of substrates with high sugar content. It can be concluded that the longer the residence time in the lower composting the amount of pathogenic. And the process control greatly influences the quality of the final compound. One of the suggestions for improvement in small-scale composting processes is the turning of the compost windrow. This contributes to the introduction of oxygen inside the windrow favors microbial activity and increases the temperature of the windrow, eliminating pathogenic microorganisms.

Keywords: Composting. Small scale. Pathogenic microorganisms. Microbiological evaluation.

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|----|
| Quadro 1 - Principais problemas, causas e soluções no processo de compostagem. | 24 |
| Quadro 2 - Resultados da análise de pH dos resíduos coletados..... | 43 |
| Quadro 3 - Resultados das análises para detecção de Coliformes Termotolerantes e Totais para cada amostra coletada. | 45 |
| Quadro 4 - Comparativo do NMP para Coliformes Termotolerantes e Totais entre as amostras analisadas..... | 46 |
| Quadro 5 - Resultados para detecção de <i>Salmonella sp.</i> e <i>E. coli</i> | 50 |
| Quadro 6 - Contagem de Bolores e Leveduras em UFC para todas as amostras analisadas.... | 51 |
| Quadro 7 – Resultados da avaliação microbiológica realizada com as condições de acordo com a IN 27/2006 do MAPA..... | 54 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 - Etapas de trabalho para obtenção dos resultados. Fonte: Do autor, 2016..... | 26 |
| Figura 2 - Localização da Propriedade 1 onde foi realizada a primeira coleta de amostras para análises posteriores. Fonte: Google Maps, 2015. | 27 |
| Figura 3 - Composteira da Propriedade 1, localizada no Povoado Cristo Rei. Fonte: CAPA, 2015. | 28 |
| Figura 4 - Composteira da Propriedade 1 em duas unidades, uma em estágio inicial (15 dias) e a outra em estágio médio de degradação (2 meses) . Fonte: CAPA, 2015..... | 28 |
| Figura 5 - Composto da Propriedade 1 com 6 meses de tempo de permanência na composteira. Fonte: CAPA, 2015..... | 29 |
| Figura 6 - Localização da Comunidade de Lajeado dos Pintos, interior do município de Concórdia-SC, onde foi realizada a segunda coleta de amostras para análises posteriores. Fonte: Google Earth, 2016. | 30 |
| Figura 7 - Composteira da Propriedade 2 em Lajeado dos Pintos/SC (leiras na forma de montes com cobertura de lona). Fonte: CAPA, 2016..... | 31 |
| Figura 8 - Composteira da Propriedade 3 em Lajeado dos Pintos/SC (leiras na forma de montes sem cobertura de lona). Fonte: CAPA, 2016. | 32 |
| Figura 9 - Balança utilizada para pesagem das amostras. Fonte: Elaborado pelo autor..... | 34 |
| Figura 10 - Duas amostras de resíduos, uma contendo água destilada e a outra contendo a solução de CaCl ₂ . Fonte: Elaborado pelo autor. | 34 |
| Figura 11 - Amostras durante o tempo de agitação no agitador magnético. Fonte: Elaborado pelo autor. | 35 |
| Figura 12 - Análise de pH do sobrenadante da amostra. Fonte: Elaborado pelo autor. | 35 |
| Figura 13 - Amostra 1 preparada com meio Ágar XLD após 24 horas na estufa. Fonte: Elaborado pelo autor..... | 48 |
| Figura 14 - Amostra 2 preparada com meio Ágar XLD após 24 horas na estufa. Fonte: Elaborado pelo autor..... | 49 |
| Figura 15 - Amostra 3 preparada com meio Ágar XLD após 24 horas na estufa. Fonte: Elaborado pelo autor..... | 49 |
| Figura 16 - Amostra 4 preparada com meio Ágar XLD após 24 horas na estufa. Fonte: Elaborado pelo autor..... | 49 |
| Figura 17 - Amostra 5 preparada com meio Ágar XLD após 24 horas na estufa. Fonte: Elaborado pelo autor..... | 50 |

Figura 18 - Amostra 6 preparada com meio Ágar XLD após 24 horas na estufa. Fonte:

Elaborado pelo autor..... 50

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 - Redução de Coliformes Totais e Termotolerantes durante a compostagem. | 25 |
| Tabela 2 - Número Mais Provável para várias combinações de resultados positivos, quando três tubos são usados por diluição (inoculações de 1; 0,1 e 0,01 g ou mL da amostra. | 39 |
| Tabela 3 – Comparação das composteiras das três Propriedades analisadas. | 42 |

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 11 |
| 2 | OBJETIVO GERAL | 14 |
| 2.1 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 14 |
| 3 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 15 |
| 3.1 | OS RESÍDUOS SÓLIDOS E SUA DESTINAÇÃO NO BRASIL | 15 |
| 3.1.1 | Caracterização de Resíduos Sólidos | 16 |
| 3.2 | COMPOSTAGEM | 16 |
| 3.2.1 | Características físico-químicas da compostagem | 19 |
| 3.2.2 | Fatores que influenciam | 20 |
| 3.2.2.1 | Umidade | 20 |
| 3.2.2.2 | Aeração | 20 |
| 3.2.2.3 | Temperatura | 21 |
| 3.2.2.4 | Tamanho das partículas | 21 |
| 3.2.2.5 | Concentração de nutrientes | 21 |
| 3.2.2.6 | pH | 22 |
| 3.3 | A COMPOSTAGEM EM PEQUENA ESCALA | 22 |
| 3.3.1 | Problemas da compostagem em pequena escala | 23 |
| 3.3.2 | Estudos de caso sobre melhoria do processo de compostagem | 25 |
| 4 | MATERIAIS E MÉTODOS | 26 |
| 4.1 | ÁREA E MATERIAL DE ESTUDO | 27 |
| 4.2 | COLETA DE DADOS E AMOSTRAS | 27 |
| 4.3 | CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS | 33 |
| 4.3.1 | Determinação do pH em resíduos orgânicos | 33 |
| 4.3.2 | Métodos para detecção de microrganismos | 35 |
| 4.3.2.1 | Preparo do meio de cultura | 36 |
| 4.3.2.2 | Meio de Cultura para Coliformes Totais e Coliformes Termotolerantes | 38 |

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 4.3.2.2.1 | <i>Detecção de Coliformes Totais e Termotolerantes</i> | 38 |
| 4.3.2.3 | Meio de Cultura para <i>Salmonella sp.</i> | 40 |
| 4.3.2.3.1 | <i>Detecção de Salmonella sp.</i> | 40 |
| 4.3.2.4 | Meio de Cultura para Bolores e Leveduras | 41 |
| 4.3.2.4.1 | <i>Detecção de Bolores e Leveduras</i> | 41 |
| 4.4 | COMPARAÇÃO DOS PROCESSOS NOS LOCAIS ESTUDADOS E AVALIAÇÃO DA POSSIBILIDADE DE REMOÇÃO DE PATÓGENOS | 41 |
| 5 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 43 |
| 5.1 | ANÁLISE DE pH..... | 43 |
| 5.2 | DETECÇÃO DE MICRORGANISMOS | 45 |
| 5.2.1 | Detecção de Coliformes Totais e Termotolerantes | 45 |
| 5.2.2 | Detecção de <i>Salmonella sp.</i> | 48 |
| 5.2.3 | Detecção de Bolores e Leveduras | 51 |
| 5.3 | COMPARAÇÃO DOS PROCESSOS E POSSIBILIDADES PARA REMOÇÃO DE PATÓGENOS | 53 |
| 5.4 | DISCUSSÕES GERAIS DOS RESULTADOS..... | 55 |
| 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 57 |
| | REFERÊNCIAS | 59 |

1 INTRODUÇÃO

Com o atual crescimento da população e conseqüentemente aumento do consumo de produtos tem-se também uma maior geração de resíduos sólidos, o que gera a necessidade de criar novas formas de disposição ou melhorar as técnicas já existentes (ISMAEL et al., 2013). Segundo dados do IBGE (2000), grande parte das cidades brasileiras ainda dispõe os resíduos de forma inadequada, como em lixões a céu aberto ou aterros controlados.

Segundo Matos (2005):

Os resíduos sólidos de agroindústrias (bagaços, tortas, restos de frutas e hortaliças, etc.) são constituídos por aqueles provenientes de usinas sucro-alcooleiras, matadouros e indústrias do processamento de carnes (vísceras e carcaça de animais), frutas e hortaliças (bagaço, tortas, refugo e restos), indústria da celulose e papel (resíduos da madeira, lodo do processo de produção e do tratamento de águas residuárias), curtumes (aparas de couro e lodo do processo e tratamento de águas residuárias), etc. (MATOS, 2005).

Os resíduos sólidos podem provocar diversas alterações no solo, na água e no ar se forem dispostos de forma inadequada, além de causar danos a todas as formas de vida existentes, trazendo inúmeros problemas. Favorecem também o aumento de vetores, os quais apresentam riscos à saúde humana (MENDES; CINTRÃO, 2004; MARAGNO; TROMBIN; VIANA, 2007) e ainda contribuem significativamente no volume depositado de forma incorreta (ISMAEL et al., 2013).

Nas pequenas Propriedades é necessário que os resíduos sólidos agroindustriais tenham uma destinação correta afim de não causar problemas de contaminação (MARIA, 2013).

Com isso, há a necessidade de se criar alternativas para tratamento e disposição adequada destes resíduos. Para Spader (2005), uma das alternativas para os resíduos orgânicos é a compostagem, uma vez que os mesmos possuem boa biodegradabilidade. Segundo Philippi Junior (1999) e D'Almeida (2000 apud MARAGNO; TROMBIN; VIANA, 2007) o processo de compostagem é uma das técnicas mais utilizadas para tratamento de resíduos orgânicos.

A compostagem consiste num processo controlado, onde ocorre a decomposição da matéria orgânica através da ação dos microrganismos, transformando o substrato (matéria orgânica) em um composto que pode ser utilizado como fertilizante orgânico (PEREIRA, 2013).

Para Pereira (2013), a compostagem em pequena escala é uma das formas para o tratamento destes resíduos orgânicos. Entre as vantagens de utilizar esta técnica destacam-se a

economia de energia e de custos, contribuindo também para a redução da emissão de poluentes. A compostagem em pequena escala ainda atua no próprio local onde os resíduos foram gerados como domicílios, universidades e pequenas comunidades. Desta forma, eliminam-se os custos com transporte, pois não se faz necessário ir até uma unidade de compostagem (FLORES, 2011).

No entanto, sendo um processo de pequena escala, os parâmetros como umidade, aeração, temperatura, tamanho das partículas, concentração de nutrientes e pH devem ser monitorados de forma adequada pois um dos problemas que surgem em pequena escala é a contaminação por microrganismos patógenos (PEREIRA, 2013).

Além disso, a presença de algumas substâncias pode interferir no processo da compostagem. Elementos como sementes de plantas invasoras, pragas, patógenos e metais pesados são considerados agentes indesejáveis (OLIVEIRA; SARTORI; GARCEZ, 2008). Para Oliveira (2013), a temperatura é um dos fatores mais importantes para eliminação de patógenos durante a compostagem se a mesma ocorrer de forma controlada.

Com relação aos patógenos, Flores (2011) afirma que estes microrganismos são considerados perigosos para a saúde pública, pois, principalmente quando é praticada a compostagem em pequena escala, controlá-los com base na temperatura pode não ser eficaz para a remoção total. O autor ainda destaca que é necessário um rígido controle dos parâmetros (umidade, aeração) para obtenção de um composto de boa qualidade. Além disso, a temperatura e o tempo do processo de compostagem são considerados os fatores mais importantes.

Com isso, surge a pergunta: será possível remover estes patógenos na compostagem de resíduos agroindustriais em pequena escala?

Em vista disso, justifica-se a importância de desenvolver este tipo de trabalho na região, pois do ponto de vista ambiental os resíduos agroindustriais gerados recebem disposição e tratamento adequado evitando que os mesmos ocupem espaços em aterros sanitários. Além disso, a matéria orgânica que é transformada em composto ao final do processo pode ser utilizada como adubo na agricultura, devido à garantia na qualidade do composto.

Apesar de a compostagem ser uma técnica viável, Kolling et al. (2013) afirmam que há necessidade de mais estudos na área para verificar se o processo é eficiente ou não em pequena escala, com o objetivo de produzir um composto com boa qualidade e garantia de utilização. Da mesma forma, Pereira (2013) traz a necessidade de estudos principalmente com

relação aos parâmetros que podem interferir no processo da compostagem sem causar problemas como a contaminação por microrganismos patogênicos, que é foco deste estudo.

Outra justificativa para a realização desse estudo é a atividade da agropecuária, sendo esta bastante intensa na região norte do estado. São geradas grandes quantidades de resíduos, como dejetos de animais de grande porte, tais como: equinos, bovinos e ovinos. Sendo que esse volume de resíduos gerados provocam sérios problemas de poluição. Para que isso não ocorra, os resíduos orgânicos devem ser reintroduzidos aos sistemas naturais a fim de garantir a redução de impactos ambientais mais intensos. Assim sendo, é fundamental o conhecimento da matéria orgânica e de substâncias que já estejam presentes ou são adicionadas no solo, pois estas possuem um papel importante quanto à possibilidade de reaproveitamento energético dos resíduos provenientes da atividade humana (PRÁ et al., 2009).

Desta forma, a compostagem se apresenta como uma alternativa para a gestão dos resíduos orgânicos, como citado anteriormente. Ao final do processo de compostagem é obtido um composto orgânico para utilização principalmente na agricultura (PRÁ et al., 2009). No entanto, para que o composto possa ser utilizado na agricultura, é necessário que apresente características adequadas, para serem empregados como condicionadores de solo, disponibilizando nutrientes às plantas, e conseqüentemente transformando um problema de grande expressão em uma ótima solução.

Por isso, é importante avaliar a composição microbiológica em processos de compostagem em pequena escala. Isto porque existe uma Instrução Normativa que regulamenta valores máximos permitidos para patógenos tais como Coliformes Termotolerantes e *Salmonella sp.* em fertilizantes orgânicos. Esta Instrução Normativa faz parte de um grupo de instruções do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2006).

Do ponto de vista biológico, conforme afirma Kiehl (1985), os esterco animais apresentam uma grande quantidade de microrganismos, sendo que o esterco fresco é rico em bactérias que vivem no aparelho digestivo do animal, e no início da fermentação observa-se uma multiplicação de bactérias ao ponto de predominarem sobre os fungos e actinomicetes, e posteriormente, a quantidade de bactérias se reduz em favor desses últimos. O esterco é um ótimo meio de cultura para os microrganismos, aumentando a quantidade de bactérias no solo quando o mesmo é adicionado como fertilizante.

Desta forma, aplicando-se a técnica da compostagem em dejetos de origem animal, por exemplo, garante inúmeras vantagens, pois o resíduo que é transformado em composto recebe um destino adequado preservando o meio ambiente e possibilitando sua

comercialização, o qual representa fonte de renda alternativa. Além disso, conforme ressalta Amorim; Júnior; Resende (2005), essas práticas contribuem para o saneamento, reduzindo o número de patógenos durante a fase termofílica da compostagem. Fase que se caracteriza por ser o início do processo da compostagem, onde as temperaturas devem permanecer na faixa de 50 a 60°C.

Pereira Neto; Stentiford (1992) ainda afirmam que a compostagem é o processo de tratamento de resíduos que apresenta maior flexibilidade operacional, aliado ao baixo custo e alta eficiência num sistema só. A compostagem pode ser adotada como solução adequada para os problemas relacionados aos resíduos orgânicos, apresentando benefícios ambientais e econômicos desde que comprovada a qualidade do composto de acordo com normas ambientais e sanitárias (ANDREOLLI, 1994).

Por fim, podem-se citar algumas vantagens da compostagem tais como: reciclagem dos resíduos para fins agrônômicos, redução do volume inicial de resíduos, degradação de substâncias tóxicas e/ou patógenos, conversão dos nutrientes até formas que sejam mais disponíveis as plantas, redução da erosão por conta do aumento da capacidade de infiltração de água no solo, aumento na população de minhocas, insetos e microrganismos desejáveis ao processo por causa da presença de matéria orgânica, a técnica contribui para a manutenção da temperatura e dos níveis de acidez do solo; a reprodução de microrganismos benéficos às culturas agrícolas aumenta consideravelmente, processo ambientalmente seguro; ajuda na eliminação de patógenos; redução do odor, entre outros (NASCIMENTO et al., 2005 apud OLIVEIRA et al., 2008).

2 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como principal objetivo realizar avaliações microbiológicas visando contribuir para o estudo e melhoria dos processos de compostagem de resíduos agroindustriais gerados em pequenas Propriedades, buscando a produção de composto orgânico de qualidade.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

O presente estudo tem como objetivos específicos:

- Caracterizar o resíduo sólido orgânico gerado em pequenas Propriedades agroindustriais, em termos microbiológicos;

- Comparar diferentes processos de compostagem em pequena escala e avaliar possibilidades para remoção de patógenos nos processos de compostagem em pequena escala.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A seguir serão apresentados pontos relevantes que irão contribuir para o melhor entendimento do processo.

3.1 OS RESÍDUOS SÓLIDOS E SUA DESTINAÇÃO NO BRASIL

De acordo com a NBR 10.004 (ABNT, 2004), os resíduos sólidos são definidos como:

Resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível. (ABNT, 2004, p. 1).

Quanto à classificação, os resíduos sólidos classificam-se da seguinte forma:

- a) Resíduos classe I – Perigosos: são aquelas que apresentam algum tipo de periculosidade como inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.
- b) Resíduos classe II – Não perigosos: divididos em não inertes e inertes:
 - Resíduos classe II A – Não inertes: de acordo com a norma, são aqueles que não possuem características de periculosidade ou que não estejam classificados como resíduos classe II B – inertes. Possuem características como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.
 - Resíduos classe II B – Inertes: de acordo com a NBR 10.007 (ABNT, 2004) são os resíduos que em contato com água destilada ou água deionizada numa temperatura ambiente, e segundo a NBR 10.006 (ABNT, 2004) não tiverem “seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.” (ABNT, 2004, p. 5).

De acordo com dados da ABRELPE (2014), 59,8% dos municípios brasileiros ainda destinam de forma inadequada os resíduos gerados mesmo com uma legislação mais restritiva e esforços governamentais. Conforme dados da ABRELPE (2014), 1.559 municípios do

Brasil destinam seus resíduos para lixões, 1.775 destinam para aterros controlados e 2.236 para aterros sanitários.

Para Jardim et al. (1995), o lixão é uma forma de disposição onde os resíduos são simplesmente jogados sobre o solo. Não são realizadas medidas de proteção ao ambiente como impermeabilização do solo.

O aterro controlado é uma variação do lixão onde os resíduos recebem uma cobertura diária com terra, ao contrário do lixão. Porém, mesmo assim o problema não é resolvido porque os gases e lixiviados gerados durante a degradação da matéria orgânica não são eliminados (LUZ, 1981).

De acordo com Castilhos et al. (2003) a técnica que tem sido utilizada no país e que apresenta um baixo custo é o aterro sanitário. Nesta técnica, os resíduos são acomodados ao solo sob uma camada de impermeabilização e ainda recebem cobertura. Gases e lixiviados são tratados.

Ainda de acordo com o autor, estes resíduos não são inativos, ou seja, grande parte deles possui grande potencial para ser reciclado ou ainda ser encaminhada para processos de compostagem onde servirão de substratos para a agricultura por exemplo.

3.1.1 Caracterização de Resíduos Sólidos

Com relação à caracterização física dos resíduos orgânicos podem ser determinadas a composição gravimétrica, teor de umidade, teor de resíduo seco e massa específica. Já para características químicas podem ser determinadas o teor de Carbono, teor de hidrogênio, teor de enxofre, teor de Nitrogênio, teor de cloro, teor de sólidos voláteis, teor de cinzas e poder calorífico. E ainda análises microbiológicas, onde podem ser identificadas as bactérias, vírus e fungos (MACHADO; MORAES, 2004). Esta última que trata dos microrganismos patógenos encontrados na massa de resíduos sólidos de serviço de saúde representam sérios riscos biológicos. São identificados pela presença de consideráveis densidades e variedades de microrganismos (SCHNEIDER, 2001 apud MACHADO; MORAES, 2004).

3.2 COMPOSTAGEM

No aterro sanitário, mesmo sendo umas das melhores alternativas de disposição de resíduos, haverá a formação do chorume que se origina da umidade natural do resíduo ali depositado (SERAFIM et al., 2000). Será necessário tratar este resíduo final aumentando os

custos do tratamento. Para Bernardo (2008), a melhor alternativa é não enviar os resíduos orgânicos para o aterro sanitário e sim para um processo de compostagem.

A compostagem consiste num processo de transformação dos resíduos orgânicos, através de processos físicos, químicos ou biológicos, em um composto mais estável e resistente à ação das espécies consumidoras. A compostagem é um processo de decomposição aeróbica, onde ocorre a liberação de gás carbônico, água (na forma de vapor) e energia por causa dos microrganismos. Parte desta energia é usada pelos microrganismos para crescimento e movimento, e a restante é liberada como calor, que se procura conservar na pilha de compostagem. Como resultado, a pilha atinge uma temperatura elevada, resfria e atinge o estágio de maturação (KIEHL, 1985).

A compostagem ocorre em duas fases distintas: a primeira fase, predominantemente termófila, quando ocorrem as reações bioquímicas mais intensas e a segunda, chamada fase de maturação, quando ocorre o processo de humificação. Por se tratar de processo biológico, requer um balanceamento adequado da relação de Carbono e Nitrogênio (C/N) e determinadas condições de temperatura, umidade e aeração (PEREIRA NETO, 2007).

O resultado final da compostagem é um composto onde sua formação é regida por um processo controlado de decomposição bioquímica de materiais orgânicos, transformando os resíduos orgânicos em um produto mais estável e utilizado como fertilizante. Recomenda-se a aplicação do composto na agricultura sem envolver quaisquer níveis de concorrência entre a atividade microbiológica e as plantas que receberam o composto (LIMA, 2004).

Sendo a compostagem um processo biológico, alguns fatores possuem maior influência na degradação da matéria orgânica, entre eles: aeração, nutrientes e umidade. Outro fator que merece destaque é a temperatura, pois influencia principalmente na rapidez do processo de biodegradação e na eliminação de patógenos.

Recomenda-se que a técnica seja desenvolvida em ambiente aeróbio, pois com altos níveis de ar a decomposição da matéria orgânica não produz mau cheiro e nem proliferação de vetores, o que constitui um fator estético para o local e recomendável à saúde pública. A abundância de ar ainda torna o processo mais rápido e melhor conduzido. A introdução de ar nas pilhas de compostagem pode ser feita através de revolvimentos manuais ou por meios mecânicos para uma melhor homogeneização. O fornecimento de oxigênio à matéria em decomposição também pode ser realizado por insuflação de ar. Caso o teor de oxigênio diminuir bruscamente, os microrganismos aeróbios morrerão e serão substituídos pelos anaeróbios, os quais decompõem a matéria orgânica de forma mais lenta, produzindo maus odores e atraindo moscas (KIEHL, 1985).

Se tratando de um processo bioquímico de decomposição, que exige água, a umidade ideal para o processo fica na faixa de 40% a 60%. Caso a umidade seja inferior a 40% surgirão problemas de inibição de atividade biológica dos microrganismos envolvidos, retardando o processo. Se a umidade for maior do que 60%, a eficiência do processo é reduzida porque o meio se torna anaeróbio e também ocorre a diminuição do potencial de oxido-redução. Deve-se ter cuidado com a quantidade de água presente no processo, pois quanto maior for esta quantidade, maior será a produção de chorume e de líquidos indesejáveis, que podem tornar o processo mais custoso (transporte) e necessitar de secagem (LIMA, 2004).

Além de água, os microrganismos necessitam de nutrientes para o seu crescimento e conseqüentemente degradar a matéria orgânica ali presente. Entre os principais nutrientes estão Carbono e Nitrogênio. Para Kiehl (1985), a relação C/N ideal é de 30:1 para o início do processo de compostagem, sendo que os microrganismos absorvem trinta partes de Carbono e uma parte de Nitrogênio. Já, para o final do processo, quando o composto atinge a maturação, a relação C/N é de 10:1.

Uma série de fatores influencia na compostagem como: umidade, oxigenação, temperatura, concentração de nutrientes, tamanho das partículas e pH. Fatores estes que afetam a atividade microbiológica (BERNARDO, 2008). Ainda de acordo com o autor, durante o processo de compostagem ocorre uma reação ácida, havendo liberação de calor, vapor d'água e algumas toxinas. Se o composto formado a partir do processo de compostagem não ter o tempo de maturação adequado os produtos citados anteriormente podem ser danosos ao ambiente.

Com relação à viabilidade do processo de compostagem, existem diversos fatores que tratam sobre isso. Entre eles podem-se citar as características socioeconômicas da maioria dos municípios brasileiros, a produção agrícola do país, a grande quantidade de resíduos orgânicos gerados, as formas de tratamento ainda inadequadas (lixões) e a necessidade de processos de tratamento e disposição adequados (BRITO, 2008).

O processo da compostagem ainda possui vantagens com relação às outras técnicas de disposição de resíduos orgânicos. Uma das vantagens é que reduz significativamente o volume de resíduos em aterros sanitários. A outra é que no final do processo tem-se a formação de um produto com altos teores de nutrientes que pode ser utilizado como fertilizante para o solo, substituindo os produtos químicos (ISMAEL et al., 2013).

Este produto formado, também chamado de composto orgânico, é obtido através da técnica de leira por revolvimento. É uma das técnicas de compostagem mais utilizadas por

apresentar baixo custo e ser de execução relativamente simples. Durante o revolvimento da leira, ocorre a introdução de oxigênio e este será consumido pelos microrganismos que farão a decomposição da matéria orgânica (BRITO, 2008).

Ainda de acordo com o autor, com o passar do tempo aumenta o interesse da população em dispor os resíduos de forma descentralizada, ou seja, em pequena escala. Com isso, surge a ideia de implantar o processo da compostagem em pequena escala em áreas urbanas e rurais servindo como fonte de educação ambiental.

3.2.1 Características físico-químicas da compostagem

O processo de compostagem ocorre em três fases de acordo com Teixeira et al. (2002):

- Primeira fase: início da decomposição biológica é nesta fase que ocorrem as reações ácidas que podem liberar toxinas ao meio;
- Segunda fase: conhecido por semicura, nesta fase o composto não é mais danoso ao meio;
- Terceira fase: denominada estado de maturação, onde a degradação da matéria orgânica é finalizada e o composto adquire Propriedades ideais.

Ainda segundo os autores, alguns fatores como aeração, relação C/N (relação Carbono Nitrogênio), pH (potencial hidrogeniônico), temperatura e umidade são fundamentais para se obter um composto com boa qualidade.

A compostagem inicia com uma alta taxa de microrganismos mesófilos, pois a temperatura nesta fase ainda não é elevada. No decorrer do processo a temperatura sofre um aumento em função da degradação da matéria orgânica e conseqüentemente a população de microrganismos mesófilos decai dando lugar aos termófilos que se proliferam com maior facilidade. Estes degradam a matéria orgânica rapidamente elevando ainda mais a temperatura. É nesta fase que a maioria dos organismos patógenos é eliminada e se caracteriza como a fase da biodegradação rápida (PROSAB, 1996).

Ainda de acordo com o autor, esta fase também pode ser denominada como bioestabilização. Como a transformação da matéria orgânica em composto ocorre de forma acelerada, o consumo de oxigênio pelos microrganismos é elevado. O composto começa a apresentar diferenças, porém ainda não está pronto para o uso que ocorre na fase seguinte.

Na fase posterior a maior parte da matéria orgânica já foi degradada a temperatura volta a reduzir e os microrganismos termófilos dão lugar novamente aos mesófilos. Aqui a matéria orgânica que está sendo transformada em composto já apresenta odor agradável,

inicia então a fase de humificação. Caracteriza-se como a etapa denominada maturação (PROSAB, 1996).

Nesta fase ocorre um decréscimo da atividade biológica e a necessidade de aeração também diminui. A temperatura nesta fase é ambiente e com reações químicas. Como na fase anterior o volume do material a ser compostado é reduzido, na fase de maturação a área para a compostagem é menor.

3.2.2 Fatores que influenciam

Durante o processo de compostagem diversos fatores podem alterar a atividade microbiológica pelo fato de se tratar de um processo biológico. Entre os principais fatores destacam-se: umidade, aeração, temperatura, tamanho das partículas, concentração de nutrientes e pH (PEREIRA NETO, 1996).

3.2.2.1 Umidade

De acordo com Kiehl (2002), por ser um processo biológico a compostagem necessita de água para os microrganismos. A umidade estando em torno de 55% se torna ideal para a degradação pelos microrganismos. Acima de 60% causa anaerobiose que promove a formação de lixiviados (chorume) e dessa forma gerando odores desagradáveis. Se a umidade estiver abaixo de 40% pode limitar a atividade microbiológica em processos de compostagem através da redução da velocidade de degradação dos resíduos (REIS et al., 2004).

3.2.2.2 Aeração

A aeração é um dos principais fatores no processo de compostagem. O revolvimento das pilhas proporciona introdução de ar rico em oxigênio e remove ar com gás carbônico (KIEHL, 2002). O revolvimento propicia a degradação da matéria orgânica aumentando a velocidade de degradação e também diminui o excesso de umidade no processo (KIEHL, 2004).

3.2.2.3 Temperatura

A temperatura é um dos fatores que indicam a eficiência do processo. Com temperaturas entre 45°C e 55°C têm-se as maiores taxas de decomposição da matéria orgânica. Para a destruição de patógenos é necessário temperaturas acima de 55°C (PEREIRA NETO, 2007).

Temperaturas acima de 65°C reduzem a eficiência do processo e superiores a 70°C, restringem a atividade microbiológica, além de provocar alterações químicas indesejáveis e desprendimento de amônia, ocasionando maus odores (PEREIRA NETO, 1996).

3.2.2.4 Tamanho das partículas

Para obtenção de resultados satisfatórios o ideal é que as partículas tenham de 10 a 50 mm de tamanho (PEREIRA NETO, 2007). Ainda de acordo com o autor “quanto mais fina é a granulometria, maior é a área exposta à atividade microbiana”. Com isso ocorre um aumento das reações e mais rapidamente acontece a decomposição da matéria orgânica.

No entanto, partículas muito finas dificultam a passagem de oxigênio no interior da pilha de compostagem, favorecendo condições anaeróbias. E partículas muito grandes podem desacelerar a decomposição por reterem pouca umidade (RODRIGUES et al., 2006).

3.2.2.5 Concentração de nutrientes

A degradação da matéria orgânica pelos microrganismos está diretamente ligada com a concentração de nutrientes. E estes se relacionam diretamente com o tipo de resíduo a ser degradado, quanto mais diversificados os resíduos presentes na compostagem mais diversificados serão os nutrientes e desta forma também os microrganismos (PEREIRA NETO, 1996).

Entre os nutrientes mais importantes para a degradação pelos microrganismos estão: o Carbono e o Nitrogênio. O processo é afetado pela concentração e disponibilidade no meio destes nutrientes. O Carbono é tido como fonte de energia para os processos vitais enquanto que o Nitrogênio auxilia na reprodução protoplasmática da população microbiana (PEREIRA NETO, 1996).

O ideal num processo de compostagem é que a relação Carbono e Nitrogênio C/N seja de 30:1. Se caso esta relação for mais alta a fermentação pode ser comprometida e talvez nem

ocorra, além de o processo de compostagem demorar mais. Se for muito baixa, o Nitrogênio será perdido para o meio através da formação de amoníaco (KIEHL, 2002).

3.2.2.6 pH

O estado de decomposição dos materiais orgânicos pode ser indicado através do potencial hidrogeniônico (pH). No início da compostagem o pH sofre uma redução até 5 se tornando ácido e em seguida aumenta gradativamente até 7 e 8 quando ocorre a estabilização do composto (KIEHL, 2002). Valores baixos de pH indicam que a maturação do composto não foi completa pelo fato do processo durar pouco tempo ou ainda pela falta de oxigênio no interior da pilha de compostagem (condições anaeróbias) (FLORES, 2011).

Haug (1993) afirma que conforme os microrganismos decompõe a matéria orgânica o meio se torna ácido (pH baixo), isto favorece o crescimento de microrganismos como fungos. Com o decorrer da decomposição estes ácidos serão oxidados. Caso haja pouca disponibilidade de oxigênio o pH pode baixar ainda mais e dessa forma limitar a atividade microbiológica. O processo da compostagem se torna mais lento. Recomenda-se o revolvimento das pilhas caso isso ocorra.

3.3 A COMPOSTAGEM EM PEQUENA ESCALA

A prática da compostagem em grande escala não é muito aplicável atualmente devido principalmente, a falta de informação e de recursos financeiros para sua implantação. Além disso, outro fator é o desinteresse dos governantes (BRITO, 2008).

Silva et al. (2002), afirmam que a técnica da compostagem em pequena escala não é aplicada no Brasil, mesmo com exemplos de sucesso obtidos por pequenos municípios. De acordo com dados da CETESB (2006), somente 2% do resíduo sólido gerado no Brasil é encaminhado para um processo de compostagem.

Segundo Brito (2008), a compostagem de médio porte, que possui leiras com um volume superior a 3 m³, apresenta bons resultados em locais que utilizam os resíduos orgânicos gerados no próprio local. Sendo esta uma forma de diminuir os custos com produtos químicos como fertilizantes. Porém, o uso da técnica de compostagem em média escala é limitada, pois dificilmente será aplicada num centro urbano pela falta de espaço ou ainda numa pequena Propriedade que não dispõe da quantidade de resíduos necessárias ao

processo. Outro fato limitante, é que as leiras precisam ser revolvidas e quanto maior o tamanho mais difícil o revolvimento. Isto pode acarretar num composto de baixa qualidade.

Em vista disso, o processo de compostagem em pequena escala se torna uma alternativa viável de utilização em locais que dispõe de pouco espaço. Neste caso, as leiras possuem dimensões que variam de 1 a 3 m³ de volume, podendo ser aplicada em locais como condomínios, locais com refeitórios, na agricultura urbana e familiar, em pequenas Propriedades agrícolas e em universidades (BRITO, 2008).

Deve-se atentar também a qualidade do composto a ser gerado na compostagem. Se o resíduo não se misturar com outros elementos a tendência é que se obtenha um composto de melhor qualidade, isto é possível através da coleta seletiva (SILVA et al., 2002).

No processo de compostagem em grande escala, normalmente os resíduos são encaminhados para uma central de triagem, onde é feita a segregação após a coleta convencional. Neste tipo de coleta todos os resíduos são misturados e isto pode acarretar em danos ao composto a ser gerado. Uma das preocupações são elementos como metais pesados que possam ser incorporados ao produto que será utilizado como adubo (BRITO, 2008).

No caso da compostagem em pequena escala, este problema pode ser reduzido, pois os resíduos não entram em contato com outros elementos que possam vir a prejudicar a qualidade do composto (MARQUES; HOGLAND, 2002).

A técnica em pequena escala ainda é pouco utilizada pelo fato da população acreditar que o resíduo estando próximo da sua residência cause mau cheiro ou a presença de vetores. No entanto, se o processo for executado da forma correta os problemas citados acima não serão visualizados (FUREDY, 2001).

3.3.1 Problemas da compostagem em pequena escala

A compostagem em pequena escala é uma das alternativas para o tratamento adequado dos resíduos agroindustriais, porém, se não for controlada de forma adequada, a matéria orgânica ali disposta pode ocasionar mau cheiro, proliferação de vetores, produção de lixiviado e ainda contaminação por microrganismos patógenos (SPADER, 2005).

Um dos controles necessários nos processos de compostagem em pequena escala, é o controle da temperatura. De acordo com Pereira Neto (1996 apud SPADER, 2005), temperaturas na faixa de 45°C a 65°C são requisitos básicos no processo de compostagem, uma vez que esta faixa de temperatura pode aumentar a eficiência do processo, bem como

eliminar microrganismos patógenos que são o grande problema da compostagem em pequena escala.

Caso algum destes problemas citados acima ocorra é um sinal de que o processo não está bem controlado (McDOWELL; CLARK, 1998 apud ASPAN, 2003). Algumas medidas podem evitar ou corrigir estes problemas rapidamente, como:

- Não dispor nas leiras de compostagem materiais como carnes, laticínios, gorduras, esterco e outros. Estes são os grandes responsáveis pelo mau cheiro;
- A área ocupada pela compostagem deve ser coberta para impedir a entrada de chuva;
- O material a ser compostado deve manter-se com umidade e aeração ótimas, além de fazer o revolvimento no tempo necessário;
- O local deve estar sempre em boas condições de limpeza.

Flores (2011), cita alguns problemas, causas e possíveis soluções relacionadas à compostagem, como pode ser visualizado no quadro 1.

Quadro 1 - Principais problemas, causas e soluções no processo de compostagem.

| Problemas | Causas | Solução |
|--|--|--|
| A matéria orgânica demora mais do que 5 dias para aquecer. | - matéria seca; - material muito compactado; - pouco oxigênio; - falta de Nitrogênio. | - adição de água (umidade em 55% ideal); - adição de lascas de madeira, palhas, etc; - revolvimento da leira; - adição de materiais ricos em Nitrogênio como a grama. |
| Mau odor. | - umidade excessiva; - partículas muito grandes; - anaerobiose. | - revolvimento da leira; - fazer a quebra do material; - seguir o ciclo de revolvimento. |
| Crescimento de vegetação. | - sementes. | - retirada de sementes e vegetação. |
| Odor e amônia. | - relação C/N inadequada. | - adição de materiais ricos em Nitrogênio. |
| Decréscimo da temperatura | - exaustão de Carbono. | - verificar se alguns |

| | | |
|--------------------------------------|--------------------------|--|
| depois de 30 a 60 dias (fase ativa). | | parâmetros estão adequados, se sim encaminhar o material para a maturação. |
| Vetores. | - local mal higienizado. | - limpeza da área. |

Fonte: Adaptado de Pereira Neto (1996 apud FLORES, 2011).

3.3.2 Estudos de caso sobre melhoria do processo de compostagem

Sabe-se que o parâmetro temperatura é um dos mais importantes quando se trata de processos de compostagem em pequena escala. Esse parâmetro pode ser considerado um fator determinante para a qualidade final do composto, por isso é também visto como indicador do desempenho do processo (JUNIOR et al., 2009).

Segundo o autor, a temperatura também está relacionada com a redução da quantidade de patógenos como Coliformes Totais, Termotolerantes, *Salmonella sp.*, entre outros na compostagem.

Para Lau et al. (1992 apud JUNIOR et al., 2009), a temperatura durante o processo de compostagem deve ficar na faixa de 55°C e deve se manter nesta temperatura por pelo menos três dias consecutivos. Isso fará com que o número de patógenos atinja um valor aceitável para ser aplicado no solo. Pois a maioria destes é eliminada do processo por conta das altas temperaturas.

O estudo de Junior et al. (2009) demonstrou a eficiência da compostagem com relação a remoção de patógenos como Coliformes Totais e Termotolerantes com o uso de dejetos suínos como substrato. Os autores verificaram que a temperatura permaneceu superior a 40°C logo no segundo dia até o vigésimo dia de enleiramento. O pico da temperatura ocorreu no quinto dia quando atingiu 65°C. Os resultados do estudo de Junior et al. (2009) podem ser visualizados na tabela 1 a seguir.

Tabela 1 - Redução de Coliformes Totais e Termotolerantes durante a compostagem.

| Período | Coliforme Total (NMP) | Coliforme Termotolerante (NMP) |
|-----------|-----------------------|--------------------------------|
| Início | 4,3 10 ⁷ | 2,3 10 ⁷ |
| 35 dias | 3,6 | 3,6 |
| Final | 0,0 | 0,0 |
| Redução % | 100,00 | 100,00 |

Fonte: Junior et al. (2009).

Outros autores como ZHU et al. (2004 apud JUNIOR et al., 2009), ao estudarem processos de compostagem com dejetos suínos, observaram que passados 63 dias do início do

processo 100% de *Escherichia coli* e ovos de Helmintos foram destruídos com altas temperaturas. Curci et al.; Torres et al.; Orrico et al. (2007), também verificaram a eficiência da compostagem na remoção de microrganismos patogênicos.

A redução da quantidade de patógenos no composto final que será aplicado no solo é importante, pois a ocorrência destes pode ocasionar maiores taxas de incidência de doenças nos animais, conseqüentemente aumento da taxa de mortalidade e diminuição da produtividade (GONÇALVES; MARIN, 2007 apud JUNIOR et al., 2009).

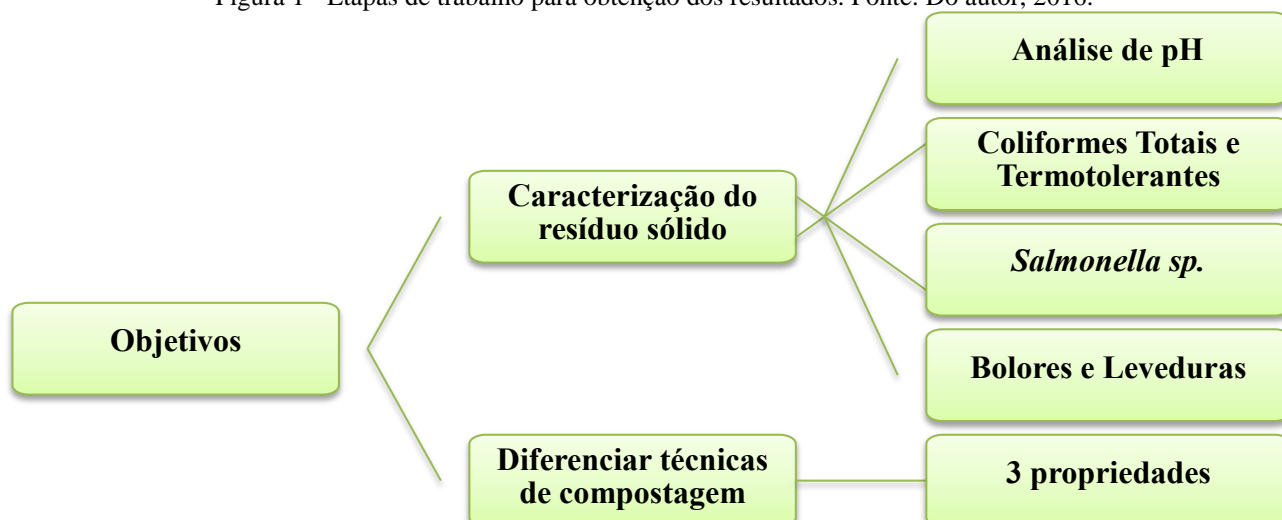
4 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste item serão destacadas as etapas que o estudo deverá seguir para obtenção dos objetivos propostos inicialmente. O primeiro objetivo que é a caracterização do resíduo sólido orgânico gerado em pequenas Propriedades agroindustriais será atendido através de análise de pH e análises microbiológicas com o intuito de detectar a presença de patógenos e outros microrganismos.

O segundo objetivo propõe diferenciar técnicas de compostagem em pequena escala. Para este caso, serão avaliados os resíduos sólidos orgânicos de três Propriedades distintas. A escolha destas Propriedades se deu em função da indicação do Centro de Apoio e Promoção da Agroecologia – CAPA Erechim/RS que faz o assessoramento técnico destes agricultores. Entre os itens a serem comparados estão: formato da leira, resíduos utilizados no processo de compostagem, controle de parâmetros, monitoramento do processo, entre outros.

Por fim, ainda serão avaliadas técnicas de remoção de patógenos no processo de compostagem em pequena escala. Desta forma, será sugerida uma forma de buscar melhorias no processo da compostagem nestas Propriedades e assim eliminar os microrganismos patogênicos. A Figura 1 ilustra as etapas de trabalho.

Figura 1 - Etapas de trabalho para obtenção dos resultados. Fonte: Do autor, 2016.



4.1 ÁREA E MATERIAL DE ESTUDO

O estudo foi desenvolvido com resíduos orgânicos obtidos de Propriedades rurais da região do Alto Uruguai e também do Oeste Catarinense. Para isto contou-se com o auxílio do Centro de Apoio e Promoção da Agroecologia – CAPA, responsável por assessoramento técnico dos agricultores das regiões citadas.

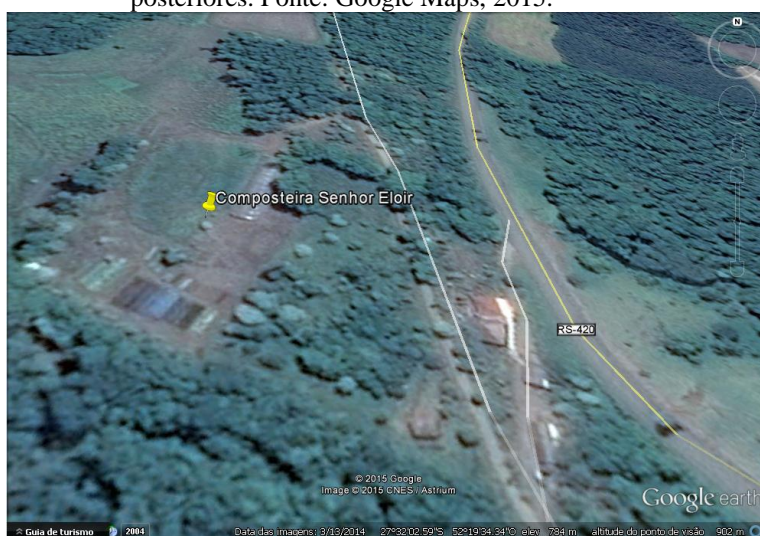
Foram coletadas amostras de resíduos orgânicos provenientes de atividades rurais, e após, estas foram conservadas até o processo de análise para garantir maior representatividade nos resultados. O processo de amostragem seguiu recomendações da Norma da ABNT NBR 10.007/2004 - Amostragem de Resíduos Sólidos (ABNT, 2004).

As análises foram realizadas nos laboratórios da Universidade Federal da Fronteira Sul, localizada na ERS 135, km 72, na cidade de Erechim - RS.

4.2 COLETA DE DADOS E AMOSTRAS

Realizaram-se coletas de amostras na Região do Alto Uruguai Gaúcho e no Oeste Catarinense. A primeira coleta ocorreu na Propriedade do Sr. Eloir de Paula, denominada como Propriedade 1 localizada em Erechim – RS, na RS 420, Povoado Cristo Rei. Através do Google Earth obtiveram-se as coordenadas do local: Latitude: 27°32'2.26"S e Longitude: 52°19'36.34"O. O local da Propriedade pode ser visualizado na Figura 2.

Figura 2 - Localização da Propriedade 1 onde foi realizada a primeira coleta de amostras para análises posteriores. Fonte: Google Maps, 2015.



A primeira coleta foi realizada no dia 23 de dezembro de 2015 onde foram coletadas três amostras de resíduos com diferentes tempos de permanência na composteira. A primeira

amostra coletada possuía no momento da coleta 15 dias, a segunda 2 meses e a terceira 6 meses. Nesta última o composto apresentava-se estabilizado, pois não exalava odores e apresentava um aspecto de composto maturado e pronto para uso.

Durante a coleta pode-se notar que a composteira não possui impermeabilização e nem cobertura e os resíduos são colocados diretamente sobre o solo. A primeira camada é feita com palha, capim elefante e restos de roçada da Propriedade. A segunda camada é feita com restos de alimentos (alface, repolho, mamão e outros alimentos provenientes da cozinha); ainda é colocado dejetos de ovinocultura provindo de Propriedade vizinha. Em seguida, é adicionada uma nova camada de palha e uma camada de resíduos provenientes da cozinha. A cobertura final é feita com palha novamente (Figuras 3, 4 e 5). Em alguns momentos é adicionado também cinzas do fogão a lenha para manter a umidade estável.

Um diferencial desta composteira é o uso da vermicompostagem que de acordo com Loureiro et al. (2007) consiste na combinação do uso de minhocas e dos microrganismos que estão presentes em seus intestinos dando origem ao vermicomposto.

Figura 3 - Composteira da Propriedade 1, localizada no Povoado Cristo Rei. Fonte: CAPA, 2015.



Na figura 4 nota-se a construção rústica em duas unidades, uma em estágio inicial e a outra em estágio médio de degradação.

Figura 4 - Composteira da Propriedade 1 em duas unidades, uma em estágio inicial (15 dias) e a outra em estágio médio de degradação (2 meses) . Fonte: CAPA, 2015.



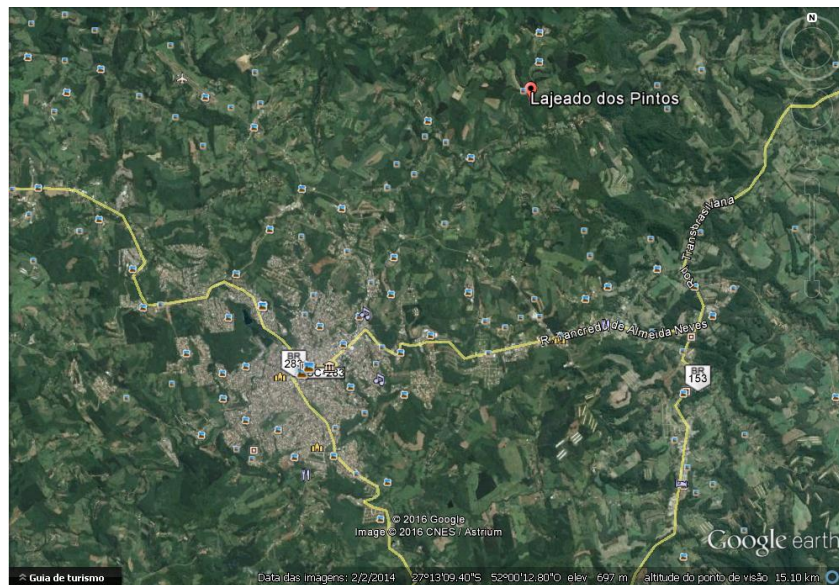
Já a figura 5 demonstra o composto com cerca de 6 meses. Assim como os estágios anteriores as datas são referentes à coleta do resíduo em 23 de dezembro de 2015.

Figura 5 - Composto da Propriedade 1 com 6 meses de tempo de permanência na composteira. Fonte: CAPA, 2015.



A segunda coleta de amostras foi realizada em Santa Catarina, mais precisamente na Comunidade de Lajeado dos Pintos, interior do Município de Concórdia com o auxílio de assessores técnicos do CAPA Erechim no dia 11 de Fevereiro de 2016 (Figura 6).

Figura 6 - Localização da Comunidade de Lajeado dos Pintos, interior do município de Concórdia-SC, onde foi realizada a segunda coleta de amostras para análises posteriores. Fonte: Google Earth, 2016.



A coleta ocorreu em duas Propriedades distintas, a primeira delas na Propriedade do Sr. Talino, denominada como Propriedade 2 e a segunda na Propriedade do Sr. Cesar Pelizzaro, denominada como Propriedade 3.

O agricultor da Propriedade 2 faz parte de um grupo conhecido como Grupo Caminho da Roça que consiste em um conjunto de agricultores familiares que trabalham com agroturismo no município. Neste caso, foi coletada uma amostra do resíduo que possui cerca de 4 meses, segundo o agricultor. Nesta Propriedade, é realizada uma mistura com restos de alimentos provenientes da cozinha, dejetos de animais e restos de roçada da Propriedade. São feitos revolvimentos somente quando necessário, e ao final o composto pronto é coberto com lona para não ficar úmido. Este composto é utilizado na Propriedade (Figura 7).

Figura 7 - Composteira da Propriedade 2 em Lajeado dos Pintos/SC (leiras na forma de montes com cobertura de lona). Fonte: CAPA, 2016.



A outra coleta foi realizada na Comunidade de Lajeado dos Pintos, interior do Município de Concórdia, ocorreu na Propriedade 3, cujo agricultor também participa do Grupo Caminho da Roça.

Nesta Propriedade foi realizada a coleta de uma amostra do composto com 4 meses aproximadamente, estando pronto para uso de acordo com o agricultor. No momento da coleta encontrava-se úmido, pois não foi armazenado de forma adequada.

As leiras também são feitas em montes com mistura de resíduos de alimentos, dejetos de animais e restos de roçada da Propriedade. Porém, neste caso não era realizado o revolvimento e o composto é pouco usado na Propriedade (Figura 8).

Figura 8 - Composteira da Propriedade 3 em Lajeado dos Pintos/SC (leiras na forma de montes sem cobertura de lona). Fonte: CAPA, 2016.



Por fim, ainda realizou-se a coleta de outra amostra do composto proveniente da Propriedade 1. No momento da coleta, que foi realizada no dia 10 de março de 2016, o composto possuía cerca de 4 meses. Sendo este referente ao mesmo composto que foi coletado em dezembro de 2015 que tinha 2 meses.

Para melhor entendimento, as amostras foram identificadas conforme a sequência de coletas e estão descritas abaixo. As amostragens realizadas tiveram o objetivo de avaliar e comparar os processos, desde aquele em que acontece um bom controle e operação (Propriedade 1 com vermicompostagem), até um processo com menor controle com revolvimento (Propriedade 2) e por fim, um processo sem controle de revolvimento (Propriedade 3). Não foi possível a comparação da fase inicial dos 3 processos devido à dificuldades para deslocamentos, sendo realizada apenas a comparação da fase final (4 meses).

- Amostra 1: 15 dias (Propriedade 1)
- Amostra 2: 2 meses (Propriedade 1)
- Amostra 3: 4 meses (Propriedade 1)
- Amostra 4: 6 meses (Propriedade 1)
- Amostra 5: 4 meses (Propriedade 2)
- Amostra 6: 4 meses (Propriedade 3)

4.3 CARACTERIZAÇÃO DOS RESÍDUOS

Foi efetuada a caracterização dos resíduos sólidos orgânicos de origem animal, através da análise do pH, conforme metodologia descrita por Tedesco et al. (1995). Este parâmetro foi definido a partir de levantamento realizado em bibliografias, e considerado importante quando relacionado ao processo de compostagem. Também foram realizadas análises microbiológicas para verificação de bactérias, fungos e outros microrganismos existentes neste tipo de resíduo, inclusive os de caráter patogênico.

4.3.1 Determinação do pH em resíduos orgânicos

O pH é um dos parâmetros mais importantes para avaliação das Propriedades químicas de resíduos orgânicos. Pode ser determinada a partir de amostras líquidas ou fluída. Se a amostra for sólida é determinada com uma solução de Cloreto de Cálcio (CaCl_2), sendo que o pH medido nesta solução geralmente é menor do que o pH medido em água (TEDESCO et al., 1995).

Se a amostra não estiver estabilizada, o pH poderá oscilar com o passar do tempo, por isso o ideal é que a amostra seja analisada logo após a coleta para evitar alterações. Caso não seja possível, recomenda-se armazenar a amostra em local refrigerado para manutenção das suas Propriedades (TEDESCO et al., 1995).

Para a determinação do pH seguindo a metodologia descrita por Tedesco et al. (1995) são necessários materiais e reagentes tais como:

- Medidor de pH com eletrodo de vidro;
- Béquer;
- Proveta;
- Espátula;
- Agitador magnético;
- Balança analítica;
- Água destilada;
- Solução de CaCl_2 0,01 M (o pH desta solução deve estar entre 5 e 6,5, se for necessário ajusta-se com Hidróxido de Cálcio (Ca(OH)_2) ou Ácido Clorídrico (HCL)).

O procedimento segue da seguinte forma: inicialmente pesa-se 2 amostras de 10 g do material a ser analisado com o auxílio de uma balança analítica (Figura 9). Em seguida são

adicionados 50 mL de água destilada ou solução de CaCl_2 0,01 M, ou seja uma amostra receberá água destilada e a outra a Solução de CaCl_2 0,01 M (Figura 10). Utiliza-se o Cloreto de Cálcio por se tratar de uma amostra sólida e que pode chegar ao laboratório com alta concentração de sais pelo fato de estar úmida. Além disso, ácidos fracos presentes na amostra podem não aparecer apenas com a utilização da água destilada. Posteriormente as amostras são levadas a um agitador magnético durante 30 minutos (Figura 11). Depois deste período é então determinado o pH do sobrenadante (Figura 12).

Figura 9 - Balança utilizada para pesagem das amostras. Fonte: Elaborado pelo autor.



Figura 10 - Duas amostras de resíduos, uma contendo água destilada e a outra contendo a solução de CaCl_2 . Fonte: Elaborado pelo autor.



Figura 11 - Amostras durante o tempo de agitação no agitador magnético. Fonte: Elaborado pelo autor.

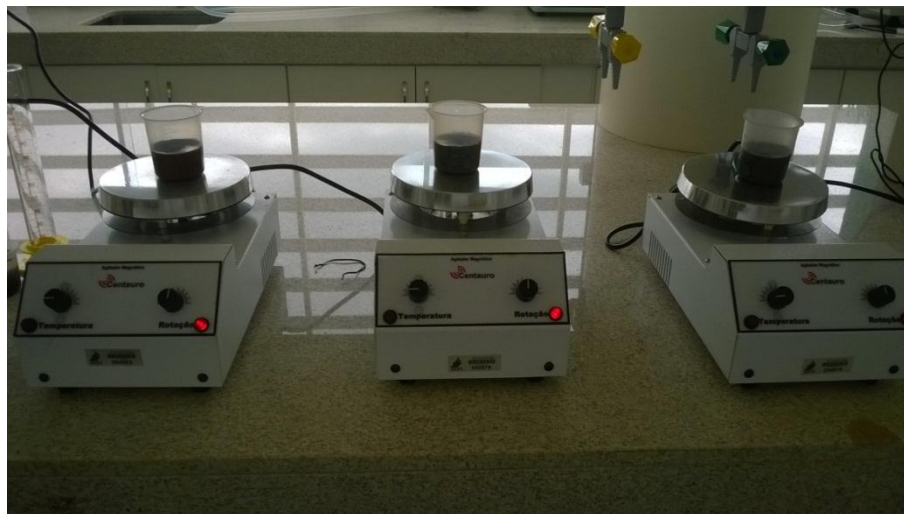
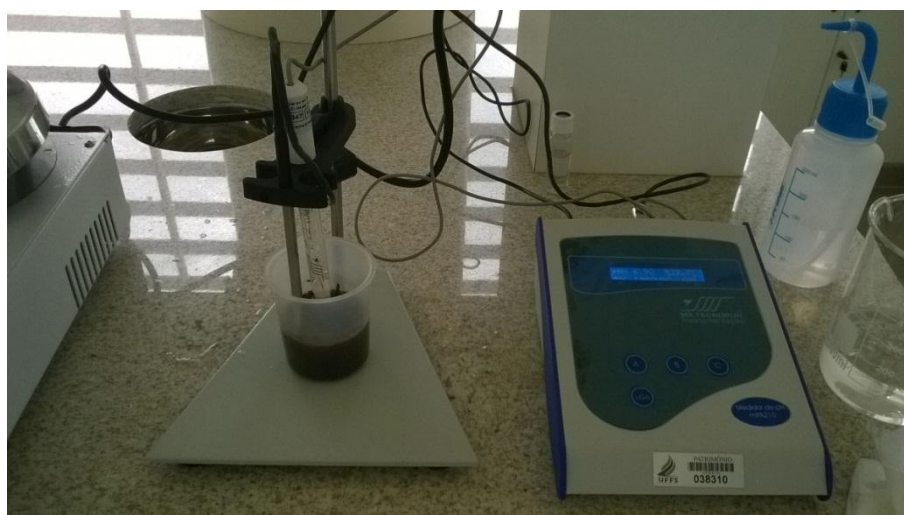


Figura 12 - Análise de pH do sobrenadante da amostra. Fonte: Elaborado pelo autor.



4.3.2 Métodos para detecção de microrganismos

Neste estudo será testada uma metodologia para detecção de patógenos e caso a presença seja confirmada, será sugerida a melhor forma de removê-los do composto, para que não cause prejuízos à agricultura.

Será avaliada a presença de Coliformes Totais e Termotolerantes, *Salmonella sp.* e Bolores e Leveduras, conforme metodologia descrita por Silva; Junqueira; Silveira (2001). Os Coliformes podem chegar ao ser humano através da ingestão de água ou alimentos contaminados por fezes. A *Salmonella sp.* pode causar doenças alimentares pela ingestão de alimentos contaminados, sendo frequente a contaminação de alimentos crus de origem animal.

Já o bolor também conhecido como mofo vive em lugares úmidos, sendo uma designação de fungos filamentosos que não formam estrutura como cogumelos (CEPA, 2015).

Para a verificação da existência ou não de microrganismos é necessário o preparo de meios de cultura específicos para cada tipo de microrganismo que possa existir no composto, principalmente os de caráter patogênico. A metodologia utilizada para o preparo do meio bem como detecção de microrganismos, baseia-se nos métodos descritos por Silva; Junqueira; Silveira (2001).

4.3.2.1 Preparo do meio de cultura

Um meio de cultura consiste num preparo químico com o objetivo de estimular o crescimento microbiano permitindo com que estes sejam estudados posteriormente. Para isso é fundamental que o meio de cultura possua nutrientes indispensáveis ao crescimento de fungos, bactérias e outros microrganismos (PROLAB, 2014).

Dessa forma foram preparados meios de cultura específicos para os microrganismos em estudo. Para tanto são necessários materiais e reagentes para cada meio de cultura a ser preparado. Os materiais utilizados são os de uso comum do Laboratório de Microbiologia e estão descritos abaixo:

- Erlenmeyer;
- Papel alumínio;
- Papel pardo;
- Fita adesiva;
- Algodão;
- Espátula;
- Balança analítica;
- Proveta;
- Béquer;
- Pipeta;
- Pêra;
- Tubo de Durhan;
- Tubos de ensaio;
- Autoclave;
- Câmara de Fluxo;

- Estufa;
- Banho-maria;
- Água destilada.

Os reagentes necessários foram:

- Peptona;
- Caldo lactosado (CL);
- *Lauryl Sulfate Broth* (LST);
- *E.C Broth* (E.C);
- *Brilliant Green Bile Broth* (BGBL);
- *Potato Dextrose Agar* (PDA);
- *Ágar Xilose Lisina Desoxicolato* (X.L.D);
- *Rappaport Vassiliadis Soy* (RSV) *Broth*.

Inicialmente foram preparadas soluções de água peptonada e de caldo lactosado. A primeira foi utilizada na detecção de Coliformes Totais e Termotolerantes e a segunda na detecção de *Salmonella sp.*

Para o preparo da água peptonada fez-se a relação da quantidade de peptona necessária para 225 mL de água destilada sabendo que são necessários 0,1 g para cada 100 mL de água destilada. A relação de 25 g para cada 225 mL de água destilada segue a Portaria nº 8, de 23 de Janeiro de 1995 do Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária.

Com isso chegou-se ao valor de 0,225 g que foram pesados com o auxílio da balança analítica. Esta quantidade foi adicionada a um erlenmeyer com 225 mL de água destilada e tampados com algodão e papel alumínio. No total foram preparados 6 erlenmeyer com água peptonada.

A seguir foi realizado o preparo do caldo lactosado. Partindo do mesmo princípio do anterior, fez-se a relação para saber a quantidade necessária de caldo lactosado. Sabendo-se que são necessários 13 g para cada 1000 mL de água destilada, chegou-se ao valor de 2,93 g para 225 mL de água destilada. Da mesma forma que o anterior, foram preparados 6 erlenmeyer contendo 2,93 g de caldo lactosado e 225 mL de água destilada, tampados com algodão e papel alumínio.

4.3.2.2 Meio de Cultura para Coliformes Totais e Coliformes Termotolerantes

Após a preparação da água peptonada e do caldo lactosado, preparou-se o meio de cultura para Coliformes Totais e Termotolerantes. Dessa forma, inicialmente foram pesados 24,92 g de *Lauryl Sulfate Broth* (LST) necessários para 700 mL de água destilada (esta quantidade foi utilizada, pois é suficiente para as 6 amostras de composto coletadas). Em seguida foi realizada a mistura do LST com a água destilada. O LST é o teste presuntivo para coliformes e a presença destes é confirmada se houver a formação de gás dentro dos tubos. Caso isto ocorra é realizado o teste confirmativo, onde os tubos são incubados em dois meios de cultura diferentes, a fim de verificar se os coliformes presentes na amostra são totais (meio de cultura BGBL) ou termotolerantes (meio de cultura EC).

Em seguida foram preparados 54 tubos de ensaio com tubos de Durham no interior. Os tubos de Durham servem para facilitar o crescimento do microrganismo. Depois disso, foram adicionados 10 mL da mistura LST em cada tubo de ensaio.

Preparou-se novamente água peptonada com 0,26 g de Peptona para 260 mL de água destilada que foram misturados num béquer. Dessa mistura foram adicionados 10 mL em tubos de ensaio.

Em seguida, pesou-se 28,07 g de BGBL necessários para 700 mL de água destilada. Esta mistura foi preparada num béquer e em seguida adicionou-se 10 mL da mistura em 54 tubos de ensaio preparados com tubos de Durham.

Também foram pesados 25,90 g de EC para 700 mL de água destilada e desta mistura foram adicionados 10 mL em 54 tubos de ensaio preparados com tubos de Durham.

Os meios de cultura preparados bem como os materiais que serão utilizados posteriormente como placas de Petri e pipetas foram esterilizados em Autoclave a 121°C durante 15 min.

4.3.2.2.1 Detecção de Coliformes Totais e Termotolerantes

Inicialmente separa-se uma amostra de resíduo de compostagem para um erlenmeyer. No total são 6 amostras, cada uma com seu respectivo erlenmeyer contendo água peptonada.

Pesa-se 25 g de cada amostra e adiciona-se no erlenmeyer que contem água peptonada. Este procedimento é realizado para as 6 amostras de composto. Desta mistura adiciona-se 1 mL em cada tubo de LST obtendo-se a diluição 10^{-1} . A seguir procede-se com as diluições

decimais seriadas até obter-se a diluição 10^{-3} que representa a porção mais diluída. Em seguida os tubos são levados para a estufa com temperatura de 36°C .

Para os tubos que apresentaram formação de gás após um dia na estufa é aplicado o teste confirmativo. Para a contagem de Coliformes Totais transfere-se uma alçada dos tubos de LST que apresentaram formação de gás para tubos contendo 10 mL de BGBL, sendo em seguida incubados na estufa a 37°C por 48 horas.

Já para a confirmação de Coliformes Termotolerantes transfere-se uma alçada de cada tubo que apresentou formação de gás para tubos contendo o caldo E.C. Após estes tubos são incubados em banho-maria a $44,5^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.

Para a detecção destes microrganismos utilizou-se a técnica do Número Mais Provável (NMP), também conhecida por técnica dos tubos múltiplos. O número de microrganismos é determinado por uma tabela de NMP (Tabela 2) (ABNT, 1991). Através desta é possível contabilizar a população de Coliformes no teste presuntivo e a população de Coliformes Totais e Termotolerantes no teste confirmativo (SILVA, 2002).

Tabela 2 - Número Mais Provável para várias combinações de resultados positivos, quando três tubos são usados por diluição (inoculações de 1; 0,1 e 0,01 g ou mL da amostra).

| Combinação de tubos positivos | | | | Combinação de tubos positivos | | | |
|-------------------------------|------|-------|------|-------------------------------|------|-------|------|
| 1,0g | 0,1g | 0,01g | NMP | 1,0g | 0,1g | 0,01g | NMP |
| 0 | 0 | 0 | <0,3 | 2 | 0 | 0 | 0,91 |
| 0 | 0 | 1 | 0,3 | 2 | 0 | 1 | 1,4 |
| 0 | 0 | 2 | 0,6 | 2 | 0 | 2 | 2,0 |
| 0 | 0 | 3 | 0,9 | 2 | 0 | 3 | 2,6 |
| 0 | 1 | 0 | 0,3 | 2 | 1 | 0 | 1,5 |
| 0 | 1 | 1 | 0,61 | 2 | 1 | 1 | 2,0 |
| 0 | 1 | 2 | 0,92 | 2 | 1 | 2 | 2,7 |
| 0 | 1 | 3 | 1,2 | 2 | 1 | 3 | 3,4 |
| 0 | 2 | 0 | 0,62 | 2 | 2 | 0 | 2,1 |
| 0 | 2 | 1 | 0,93 | 2 | 2 | 1 | 2,8 |
| 0 | 2 | 2 | 1,2 | 2 | 2 | 2 | 3,5 |
| 0 | 2 | 3 | 1,6 | 2 | 2 | 3 | 4,2 |
| 0 | 3 | 0 | 0,94 | 2 | 3 | 0 | 2,9 |
| 0 | 3 | 1 | 1,3 | 2 | 3 | 1 | 3,6 |
| 0 | 3 | 2 | 1,6 | 2 | 3 | 2 | 4,4 |
| 0 | 3 | 3 | 1,9 | 2 | 3 | 3 | 5,3 |
| 1 | 0 | 0 | 0,36 | 3 | 0 | 0 | 2,3 |
| 1 | 0 | 1 | 0,72 | 3 | 0 | 1 | 3,9 |
| 1 | 0 | 2 | 1,1 | 3 | 0 | 2 | 6,4 |
| 1 | 0 | 3 | 1,5 | 3 | 0 | 3 | 9,5 |
| 1 | 1 | 0 | 0,73 | 3 | 1 | 0 | 4,3 |
| 1 | 1 | 1 | 1,1 | 3 | 1 | 1 | 7,5 |
| 1 | 1 | 2 | 1,5 | 3 | 1 | 2 | 12 |
| 1 | 1 | 3 | 1,9 | 3 | 1 | 3 | 16 |
| 1 | 2 | 0 | 1,1 | 3 | 2 | 0 | 9,3 |
| 1 | 2 | 1 | 1,5 | 3 | 2 | 1 | 15 |
| 1 | 2 | 2 | 2,0 | 3 | 2 | 2 | 21 |
| 1 | 2 | 3 | 2,4 | 3 | 2 | 3 | 29 |
| 1 | 3 | 0 | 1,6 | 3 | 3 | 0 | 24 |
| 1 | 3 | 1 | 2,0 | 3 | 3 | 1 | 46 |
| 1 | 3 | 2 | 2,4 | 3 | 3 | 2 | 11 |
| 1 | 3 | 3 | 2,9 | 3 | 3 | 3 | >110 |

Nota: Os valores de NMP são calculados partindo-se de porções iniciais de 1g ou mL da amostra.

Fonte: ABNT, 1991.

Através desta tabela e das análises realizadas foi possível contabilizar o NMP de microrganismos presentes nas amostras coletadas. A leitura foi feita da seguinte forma: observa-se a quantidade de tubos positivos para cada teste – LST (teste presuntivo), EC (teste confirmativo para Coliformes Termotolerantes) e BGBL (teste confirmativo para Coliformes Totais) e em seguida na coluna referente ao NMP lê-se o valor correspondente à combinação de tubos positivos.

4.3.2.3 Meio de Cultura para *Salmonella sp.*

Preparou-se também o meio de cultura necessário para o cultivo de *Salmonella sp.* Para isso utilizou-se o reagente *Rappaport Vassiliadis Soy* (RSV). Pesou-se 5,4 g do reagente necessário para diluição em 200 mL de água destilada. A mistura foi adicionada a um béquer e deste pipetou-se 10 mL em 10 tubos de ensaio.

Utilizou-se também o reagente XLD, do qual se pesou 13,30 g necessários para 240 mL de água destilada. Ainda foram preparados 13 tubos contendo água peptonada.

4.3.2.3.1 Detecção de *Salmonella sp.*

Para a detecção de *Salmonella sp.* pesaram-se 25 g da amostra e em seguida adicionada a um erlenmeyer contendo 225 mL de caldo lactosado. Esta mistura foi incubada numa estufa a 37°C por 20 horas (mistura pré-enriquecida).

Desta mistura é transferido 0,1 mL para um tubo contendo 10 mL do caldo RSV. Posteriormente os tubos são mantidos em banho-maria a 44,5°C durante 24 horas.

Passado este tempo, realiza-se o plaqueamento seletivo diferencial pela técnica de esgotamento em ágar *Xilose Lisina Desoxicolato* (XLD) e após as placas são incubadas em estufa durante 24 horas a 37°C.

Para a detecção de *Salmonella sp.* utilizou-se como meio de cultura o ágar XLD que consiste em um meio de cultura seletivo e diferencial. Possui como nutrientes um extrato de levedura e cloreto de sódio. Seu sistema inibidor é o desoxicolato de sódio e o indicador são carboidratos como lactose, sacarose e xilose. O indicador de pH é o vermelho de fenol e os indicadores de produção de H₂S são o tiosulfato de sódio, citrato de ferro (III) e Amônia (HAJDENWURCEL, 1998).

De acordo com Hajdenwurcel (1998) a *Salmonella sp.* fermenta apenas a xilose levando a viragem do indicador de vermelho para amarelo por conta da produção de ácido. Pode ainda ocorrer a formação de colônias com centro negro.

4.3.2.4 Meio de Cultura para Bolores e Leveduras

Para o crescimento de bolores e leveduras é necessário o preparo de um meio de cultura contendo *Potato Dextrose Ágar* (PDA). O meio de cultura foi preparado com 9,36 g de PDA necessários para 240 mL de água destilada. A mistura foi adicionada a um erlenmeyer. No total foram preparadas 3 misturas, sendo que um erlenmeyer é suficiente para analisarmos 2 amostras do composto. Ao final os recipientes foram tampados com algodão e papel alumínio.

4.3.2.4.1 Detecção de Bolores e Leveduras

Da mistura preparada verteu-se 20 mL aproximadamente do meio contendo PDA em placas de Petri. As placas permaneceram na câmara de fluxo até endurecer.

Posteriormente, são adicionados 0,1 mL da mistura em placas de Petri. Estas ficarão incubadas na estufa por 3 dias a 25°C (SILVA, 2002). Antes desse passo é necessário homogeneizar a mistura com o auxílio de uma alça de vidro ou alça de *drigalski*. Este procedimento inicia pela diluição 10^{-3} porque esta é a mais diluída e desta forma evita-se que as demais placas sejam contaminadas.

Para o caso de bolores e leveduras a contagem destes é feita através de um cálculo que relaciona o número de colônias com o volume inoculado multiplicado pela diluição. O resultado é obtido em Unidades Formadoras de Colônias (UFC). A equação utilizada está expressa a seguir (BORGES, 1999).

$$UFC /g \text{ ou } mL = \frac{(\text{número de colônias})}{(0,1 \cdot 10^{-1})} \text{ Equação 01}$$

4.4 COMPARAÇÃO DOS PROCESSOS NOS LOCAIS ESTUDADOS E AVALIAÇÃO DA POSSIBILIDADE DE REMOÇÃO DE PATÓGENOS

Foram escolhidas três Propriedades distintas para a coleta das amostras denominadas como Propriedade 1, 2 e 3. A composteira localizada na Propriedade 1 pode ser considerada o melhor processo entre as três analisadas, pois possui a vermicompostagem aliada a compostagem comum. Além disso, nesta Propriedade o agricultor controlou a aeração do composto através do revolvimento. No entanto, nesta Propriedade foi observado que a

composteira não possui impermeabilização na parte inferior e nem cobertura na parte superior.

A Propriedade 2 realizou revolvimentos na leira de compostagem apenas quando foi necessário. O agricultor ainda fazia a cobertura da pilha de compostagem para não ficar com excesso de umidade.

Já a Propriedade 3 foi considerada o processo menos eficiente entre as demais. Neste caso, não foi realizado nenhum controle dos parâmetros, como o revolvimento da pilha de compostagem para introdução de oxigênio. E a pilha não recebeu cobertura adequada, ficando exposta às condições do tempo.

Para melhor entendimento, a tabela 3 apresenta a comparação das composteiras das três Propriedades.

Tabela 3 – Comparação das composteiras das três Propriedades analisadas.

| | Propriedade 1 | Propriedade 2 | Propriedade 3 |
|---------------------------|--|--|---|
| Formas de controle | - Vermicompostagem. - Controle da aeração (revolvimento). - Sem cobertura. | - Revolvimento apenas quando necessário. - Com cobertura. | - Sem revolvimento. - Sem cobertura. |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Sabe-se que em processos de compostagem onde são realizados controles dos parâmetros, a presença de microrganismos patógenos é inferior ou até inexistente se comparado com processos onde os parâmetros não são controlados.

Conforme explica Kiehl (2002), a aeração é um dos principais fatores no processo de compostagem, pois o revolvimento das pilhas proporciona introdução de ar rico em oxigênio e remove ar com gás carbônico. Além disso, o revolvimento propicia a degradação da matéria orgânica aumentando a velocidade de degradação e também diminui o excesso de umidade no processo (KIEHL, 2004). Por isso a importância do revolvimento dos resíduos orgânicos presentes na composteira.

Do mesmo modo, o parâmetro temperatura é visto como essencial para remoção de patógenos, como mostra o estudo de Junior et al. (2009). No experimento os autores verificaram que temperaturas superiores a 40°C desde o início do processo de compostagem, foram suficientes para eliminar 100% de patógenos como Coliformes Totais e Termotolerantes.

Dessa forma, o controle da temperatura aliado ao controle da aeração, surge como possibilidade para remoção de patógenos em processos de compostagem em pequena escala. É necessário que o pequeno agricultor faça o revolvimento da leira de compostagem a cada 3 dias e que mantenha a temperatura em torno de 50°C logo no início do processo para que obtenha um composto com uma qualidade final adequada para uso.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir são apresentados os resultados referentes à caracterização dos resíduos: o pH dos mesmos e detecção de microrganismos patogênicos.

5.1 ANÁLISE DE pH

A análise de pH foi realizada no laboratório de solos da UFFS e os resultados para todas as amostras analisadas podem ser visualizados no quadro 2.

Quadro 2 - Resultados da análise de pH dos resíduos coletados.

| Propriedades | Amostras | pH | |
|----------------------|---------------------|----------------|------------------------------|
| | | Água destilada | Solução de CaCl ₂ |
| Propriedade 1 | Amostra 1 (15 dias) | 8,00 | 7,51 |
| | Amostra 2 (2 meses) | 6,92 | 6,68 |
| | Amostra 3 (4 meses) | 7,06 | 6,79 |
| | Amostra 4 (6 meses) | 7,15 | 6,57 |
| Propriedade 2 | Amostra 5 (4 meses) | 7,94 | 7,59 |
| Propriedade 3 | Amostra 6 (4 meses) | 7,14 | 6,86 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Conforme descrito por Tedesco et al. (1995), o pH medido em CaCl₂ é um pouco inferior ao pH medido em água. E isto é comprovado na análise realizada.

De acordo com Kiehl (2002) no início da compostagem o pH tende a reduzir até 5 e em seguida aumenta gradativamente em torno de 7 ou 8 quando o composto estabiliza. Se o pH continuar baixo significa que o composto ainda não atingiu o estado de maturação completa seja pelo pouco tempo na composteira ou ainda pela falta de oxigênio no interior da

pilha de compostagem (FLORES, 2011).

De acordo com Haug (1993) o meio vai se tornando ácido devido à ação dos microrganismos, favorecendo o aparecimento de fungos. Com o passar do tempo, os ácidos serão oxidados. Se o pH diminuir muito recomenda-se o revolvimento da pilha, isto ajuda na ação microbiológica evitando que o processo se torne lento.

Alguns estudos como o de Zhang e He (2006 apud VALENTE et al., 2009, p. 10), que estudaram o comportamento do pH na compostagem de dejetos sólidos de suínos misturados com serragem, apontam que o pH no início do processo encontra-se ácido e com o passar do tempo torna-se alcalino e no final volta a ser ácido, porém com valores próximos a neutralidade.

Outros afirmam que o pH do composto permaneceu constante, em torno de 7,8 quando analisaram a compostagem de resíduos alimentares com restos de jardim (DEON et al., 2007 apud VALENTE et al., 2009, p. 10). Já para Gorgati (2001 apud VALENTE et al., 2009, p. 11) se o pH for baixo no início da compostagem podem ocorrer danos como a perda de Nitrogênio por conta da volatilização de amônia.

No estudo de Valente (2008), notou-se que o pH permaneceu alcalino durante os 4 primeiros meses de estágio da compostagem, com temperatura em torno de 55°C. O autor também verificou que ocorreu um aumento no pH na fase final do primeiro estágio, chegando a 8,62 e na fase inicial do segundo estágio chegando a 9,66. Valente (2008) ainda observou uma redução no final do processo, sendo o pH nesta fase em torno de 7,68. O autor afirma que esta redução pode estar relacionada com a adição de água principalmente por conta das precipitações intensas no período. Valente (2008) ainda comenta que o pH ideal ao final do processo de compostagem seja de no mínimo 6.

Desta forma, nota-se que os resultados referentes à análise de pH das amostras analisadas estão de acordo com o que diz Deon et al. (2007 apud VALENTE et al., 2009, p. 10), Gorgati (2001 apud VALENTE et al., 2009, p. 11) e Valente (2008) sendo o fato do pH estar mais baixo na fase final de compostagem devido a precipitação intensa no período. Observa-se também que os valores estão próximos a neutralidade para as amostras que possuem maior tempo de permanência na composteira. Isto indica que o composto está estabilizado com relação ao pH.

5.2 DETECÇÃO DE MICRORGANISMOS

A seguir são apresentados os resultados referentes às análises para a detecção de microrganismos como bolores e leveduras e ainda os de caráter patogênico como Coliformes Totais e Termotolerantes e *Salmonella sp.*

5.2.1 Detecção de Coliformes Totais e Termotolerantes

Depois de realizadas as análises obtiveram-se os resultados descritos nos Quadros 3 e 4, onde LST representa o teste presuntivo, EC o teste confirmativo para Coliformes Termotolerantes e BGBL o teste confirmativo para Coliformes Totais.

Quadro 3 - Resultados das análises para detecção de Coliformes Termotolerantes e Totais para cada amostra coletada.

| Amostra 1 - 15 dias (Propriedade 1) | | | | |
|--|------------------------|------------------------|------------------------|------------|
| <i>Coliformes (24/48 horas)</i> | | | | |
| | 10⁻¹ | 10⁻² | 10⁻³ | NMP |
| LST | +++ | +++ | +++ | >110 |
| EC | +++ | +++ | +++ | >110 |
| BGBL | +++ | +++ | +++ | >110 |
| Amostra 2 - 2 meses (Propriedade 1) | | | | |
| <i>Coliformes (24/48 horas)</i> | | | | |
| | 10⁻¹ | 10⁻² | 10⁻³ | NMP |
| LST | +++ | +++ | +++ | >110 |
| EC | +++ | +++ | --- | 24 |
| BGBL | +++ | +++ | +++ | >110 |
| Amostra 3 - 4 meses (Propriedade 1) | | | | |
| <i>Coliformes (24/48 horas)</i> | | | | |
| | 10⁻¹ | 10⁻² | 10⁻³ | NMP |
| LST | +++ | +++ | +++ | >110 |
| EC | +++ | --- | --- | 2,3 |
| BGBL | +++ | +++ | -++ | 11 |
| Amostra 4 - 6 meses (Propriedade 1) | | | | |
| <i>Coliformes (24/48 horas)</i> | | | | |

| | | | | |
|--|-----------|-----------|-----------|------|
| | 10^{-1} | 10^{-2} | 10^{-3} | NMP |
| LST | +++ | +++ | -+- | 46 |
| EC | --- | --- | - | <0,3 |
| BGBL | +-+ | --- | - | 0,91 |
| Amostra 5 - 4 meses (Propriedade 2) | | | | |
| <i>Coliformes (24/48 horas)</i> | | | | |
| | 10^{-1} | 10^{-2} | 10^{-3} | NMP |
| LST | +++ | +++ | +++ | >110 |
| EC | +++ | +++ | +- | 46 |
| BGBL | +++ | +++ | +++ | >110 |
| Amostra 6 - 4 meses (Propriedade 3) | | | | |
| <i>Coliformes (24/48 horas)</i> | | | | |
| | 10^{-1} | 10^{-2} | 10^{-3} | NMP |
| LST | +++ | +++ | +-+ | 11 |
| EC | ---+ | --- | -- | 0,36 |
| BGBL | +++ | +++ | -- | 24 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 4 - Comparativo do NMP para Coliformes Termotolerantes e Totais entre as amostras analisadas.

| | Propr. 1 | | | | Propr. 2 | Propr. 3 |
|-------------------|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------------|-----------------|
| <i>Coliformes</i> | Amostra 1 | Amostra 2 | Amostra 3 | Amostra 4 | Amostra 5 | Amostra 6 |
| LST | >110 | >110 | >110 | 46 | >110 | 11 |
| EC | >110 | 24 | 2,3 | <0,3 | 46 | 0,36 |
| BGBL | >110 | >110 | 11 | 0,91 | >110 | 24 |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Das 6 amostras analisadas, 4 apresentaram os 3 tubos de cada diluição positivos para o teste presuntivo (LST) indicando a presença de Coliformes com um NMP >110. Para o teste confirmativo para Coliformes Termotolerantes (EC) apenas uma amostra apresentou a combinação de todos os tubos positivos (>110), sendo esta referente à amostra 1 com 15 dias de tempo de permanência na composteira (Quadro 4).

A presença de Coliformes Termotolerantes nesta amostra é um resultado esperado e pode ser explicada pelo fato de não ter passado o tempo necessário para maturação na

composteira. Os resíduos utilizados são em sua maioria restos de alimentos provenientes da cozinha que talvez não tenham passado por higienização correta.

Conforme explica Junior et al. (2009) no estudo sobre a eficiência da compostagem para remoção de Coliformes Totais e Termotolerantes com o uso de dejetos suínos como substrato. Os autores verificaram ao final do processo que 100% destes microrganismos foram eliminados, pois a temperatura permaneceu superior a 40°C desde o início até o vigésimo dia de enleiramento. O pico da temperatura ocorreu no quinto dia quando atingiu 65°C.

Outros autores como Wang et al. (1996 apud SANTOS; MONTEIRO, 2004), relataram que a *Escherichia coli* pode sobreviver nos dejetos animais por até 56 dias com uma temperatura de 37°C. Para Bollen (1985 apud SANTOS; MONTEIRO, 2004) os patógenos do solo são eliminados após 30 minutos com uma temperatura de 55°C, por isso a importância de manter a temperatura acima desta faixa.

De acordo com Santos; Monteiro (2004) as informações referentes à contaminação microbiológica em alimentos orgânicos ainda são escassas. Por isso ainda existe a necessidade de mais estudos nessa área para preencher esta lacuna. Sabe-se que patógenos podem resistir no solo ou na superfície das plantas por um determinado tempo e conseqüentemente contaminando os alimentos que serão adubados com este composto (CARLI, 2010 apud CRG, 2010).

O restante das amostras apresentou um NMP bem inferior se comparado a amostra 1 referente ao teste EC. O que indica que com o passar do tempo parte dos patógenos são removidos pela maturação da compostagem. Isto pode ser confirmado observando a amostra 3 que possui 6 meses de tempo de permanência na composteira. Entre as amostras analisadas, esta foi a que apresentou menor quantidade de patógenos, ou seja, <0,3 para Coliformes Termotolerantes e 0,91 para Coliformes Totais (Quadro 4).

De acordo com a Instrução Normativa nº 27/2006 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento no Anexo V referente a Limites Máximos e Contaminantes admitidos em Fertilizantes Orgânicos, o valor máximo admitido para Coliformes Termotolerantes – NMP é 1000,00 (BRASIL, 2006). Dessa forma, nota-se com os resultados do quadro 4 que todas as amostras estão dentro do valor admitido para Coliformes Termotolerantes, com exceção da amostra 1 que pode ter um valor superior a 110. Porém, esta amostra se caracteriza por estar no estágio inicial do processo de compostagem e com o passar do tempo o composto será maturado e a presença de patógenos reduzida.

A Propriedade 1 apresentou os melhores resultados se comparado às Propriedades 2 e 3. Na Propriedade 1 foi realizado o controle através do revolvimento da leira e ainda utilizou-

se a vermicompostagem aliada ao processo. Na Propriedade 2 foram realizados revolvimentos apenas quando necessário e na Propriedade 3 não foram realizados, sendo este considerado o processo menos eficiente dos analisados, com valores muito parecidos com os da Propriedade 1.

5.2.2 Detecção de *Salmonella sp.*

Após o período de incubação na estufa observou-se o crescimento de *Salmonella sp.* e de *Escherichia coli* em todas as amostras analisadas. De acordo com Hajdenwurcel (1998) a *Salmonella sp.* fermenta apenas a xilose levando a viragem do indicador de vermelho para amarelo por conta da produção de ácido. Pode ainda ocorrer a formação de colônias com centro negro. Apenas algumas amostras apresentaram pequenos pontos de cor marrom como a amostra 3, 4 e 5. A *Escherichia coli* fermenta a lactose e desta forma produz colônias amarelas.

Apesar de não ser comum, houve o crescimento das duas espécies na mesma placa para todas as amostras, como pode ser observado nas figuras 13, 14, 15, 16, 17 e 18. Isto se deve ao fato da escolha do meio de cultura, o Ágar XLD, que proporciona o crescimento tanto de *Escherichia coli* e *Salmonella sp.*

Figura 13 - Amostra 1 preparada com meio Ágar XLD após 24 horas na estufa. Fonte: Elaborado pelo autor.

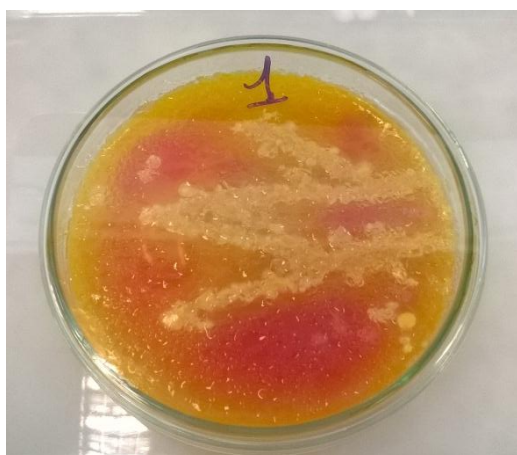


Figura 14 - Amostra 2 preparada com meio Ágar XLD após 24 horas na estufa. Fonte: Elaborado pelo autor.

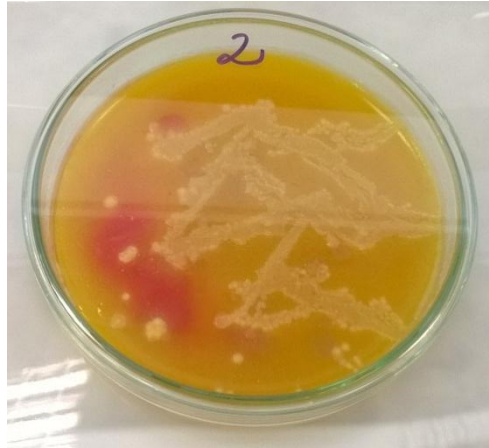


Figura 15 - Amostra 3 preparada com meio Ágar XLD após 24 horas na estufa. Fonte: Elaborado pelo autor.



Figura 16 - Amostra 4 preparada com meio Ágar XLD após 24 horas na estufa. Fonte: Elaborado pelo autor.



Figura 17 - Amostra 5 preparada com meio Ágar XLD após 24 horas na estufa. Fonte: Elaborado pelo autor.

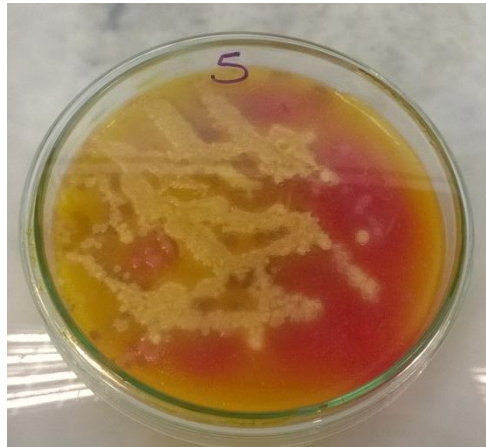


Figura 18 - Amostra 6 preparada com meio Ágar XLD após 24 horas na estufa. Fonte: Elaborado pelo autor.



No quadro 5 podem ser observadas os resultados para todas as amostras analisadas.

Quadro 5 - Resultados para detecção de *Salmonella sp.* e *E. coli*.

| Amostras | | <i>Salmonella sp.</i> | <i>E. coli</i> |
|---------------|-----------|-----------------------|----------------|
| Propriedade 1 | Amostra 1 | Presença | Presença |
| | Amostra 2 | Presença | Presença |
| | Amostra 3 | Presença | Presença |
| | Amostra 4 | Presença | Presença |
| Propriedade 2 | Amostra 5 | Presença | Presença |
| Propriedade 3 | Amostra 6 | Presença | Presença |

Fonte: Elaborado pelo autor.

De acordo com a Instrução Normativa nº 27/2006 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento no Anexo V referente a Limites Máximos e Contaminantes

admitidos em Fertilizantes Orgânicos, para o caso de *Salmonella sp.* o ideal é ausência da mesma em 10 g de matéria seca (BRASIL, 2006).

Apesar de não ser realizado o monitoramento da temperatura nos processos de compostagem em pequena escala analisados, estudos mostram que os microrganismos possuem um tempo de sobrevivência ao calor. A *Salmonella sp.* pode resistir a uma temperatura de até 65,5 °C durante 0,02 a 0,25 minutos de acordo com Carli (2010 apud CRG, 2010).

Ainda de acordo com o autor, grande parte destes microrganismos é eliminada se o processo da compostagem for monitorado e a temperatura chegar nesse valor. Porém, sabe-se que caso não se atinja a temperatura necessária os microrganismos patogênicos não serão eliminados e irão sobreviver no solo ou na superfície das plantas durante um tempo. Bactérias como é o caso da *Salmonella sp.* sobrevivem de 2 meses a 1 ano no solo ou 1 mês a 6 meses na superfície de plantas.

Desta forma justifica-se a importância de desenvolver este trabalho, visto que estes patógenos podem ser transferidos para plantas que posteriormente serão ingeridos por humanos, ocasionando sérios problemas de saúde.

Neste caso, houve a presença de *Salmonella sp.* e *E. coli* em todas as amostras analisadas. Até mesmo no melhor processo (Propriedade 1). Não atendendo aos parâmetros exigidos na normativa do MAPA.

5.2.3 Detecção de Bolores e Leveduras

Os resultados da contagem de bolores e leveduras estão descritos no quadro 6.

Quadro 6 - Contagem de Bolores e Leveduras em UFC para todas as amostras analisadas.

| Amostra 1 - 15 dias (Propriedade 1) | | | | |
|--|----------------|----------------|-----------------------|-----------------------|
| <i>Bolores e Leveduras (3 dias)</i> | | | Contagem (UFC) | |
| | Placa 1 | Placa 2 | Placa 1 | Placa 2 |
| 10⁻¹ | 56 colônias | 51 colônias | 5,6 x 10 ² | 5,1 x 10 ² |
| 10⁻² | 31 colônias | 28 colônias | 3,1 x 10 ³ | 2,8 x 10 ³ |
| 10⁻³ | 15 colônias | 16 colônias | 1,5 x 10 ⁴ | 1,6 x 10 ⁴ |
| Amostra 2 - 2 meses (Propriedade 1) | | | | |
| <i>Bolores e Leveduras (3 dias)</i> | | | Contagem (UFC) | |
| | Placa 1 | Placa 2 | Placa 1 | Placa 2 |

| | | | | |
|--|----------------|----------------|-------------------|-------------------|
| 10^{-1} | 73 colônias | 71 colônias | $7,3 \times 10^2$ | $7,1 \times 10^2$ |
| 10^{-2} | 71 colônias | 60 colônias | $7,1 \times 10^3$ | $6,0 \times 10^3$ |
| 10^{-3} | 24 colônias | 31 colônias | $2,4 \times 10^4$ | $3,1 \times 10^4$ |
| Amostra 3 - 4 meses (Propriedade 1) | | | | |
| <i>Bolores e Leveduras (3 dias)</i> | | | Contagem (UFC) | |
| | Placa 1 | Placa 2 | Placa 1 | Placa 2 |
| 10^{-1} | 64 colônias | 65 colônias | $6,4 \times 10^2$ | $6,5 \times 10^2$ |
| 10^{-2} | 28 colônias | 29 colônias | $2,8 \times 10^3$ | $2,9 \times 10^3$ |
| 10^{-3} | 20 colônias | 24 colônias | $2,0 \times 10^4$ | $2,4 \times 10^4$ |
| Amostra 4 - 6 meses (Propriedade 1) | | | | |
| <i>Bolores e Leveduras (3 dias)</i> | | | Contagem (UFC) | |
| | Placa 1 | Placa 2 | Placa 1 | Placa 2 |
| 10^{-1} | 80 colônias | 84 colônias | $8,0 \times 10^2$ | $8,4 \times 10^2$ |
| 10^{-2} | 32 colônias | 35 colônias | $3,2 \times 10^3$ | $3,5 \times 10^3$ |
| 10^{-3} | 13 colônias | 27 colônias | $1,3 \times 10^4$ | $2,7 \times 10^4$ |
| Amostra 5 - 4 meses (Propriedade 2) | | | | |
| <i>Bolores e Leveduras (3 dias)</i> | | | Contagem (UFC) | |
| | Placa 1 | Placa 2 | Placa 1 | Placa 2 |
| 10^{-1} | 36 colônias | 37 colônias | $3,6 \times 10^2$ | $3,7 \times 10^2$ |
| 10^{-2} | 16 colônias | 21 colônias | $1,6 \times 10^3$ | $2,1 \times 10^3$ |
| 10^{-3} | 21 colônias | 18 colônias | $2,1 \times 10^4$ | $1,8 \times 10^4$ |
| Amostra 6 - 4 meses (Propriedade 3) | | | | |
| <i>Bolores e Leveduras (3 dias)</i> | | | Contagem (UFC) | |
| | Placa 1 | Placa 2 | Placa 1 | Placa 2 |
| 10^{-1} | 49 colônias | 46 colônias | $4,9 \times 10^2$ | $4,6 \times 10^2$ |
| 10^{-2} | 34 colônias | 49 colônias | $3,4 \times 10^3$ | $4,9 \times 10^3$ |
| 10^{-3} | 32 colônias | 52 colônias | $3,2 \times 10^4$ | $5,2 \times 10^4$ |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Da mesma forma que a *Salmonella sp.*, bolores e leveduras também possuem um tempo de sobrevivência ao calor. Estes resistem a temperaturas em torno de 65,5 °C durante 0,5 a 3 minutos (CARLI, 2010 APUD CRG, 2010).

Um alto valor na contagem de bolores e leveduras pode estar relacionado com a deterioração em vegetais, principalmente os que possuem altos teores de umidade como a alface (FERREIRA et al., 2015). A alface que foi um dos resíduos utilizados como substrato na composteira da Propriedade 1. O que pode justificar a maior presença destes microrganismos nestas amostras.

No entanto a presença destes microrganismos também está relacionada à existência natural de diversos grupos de microrganismos durante o processo de compostagem. Logo após o preparo das leiras de compostagem podem ser observados microrganismos tais como: bactérias aeróbias e anaeróbias, actinomicetes, bolores e leveduras (PEPE; VENTORINO; BLAIOTTA, 2013).

A presença de substratos como cana-de-açúcar, que apresenta altos índices de açúcar, pode estar relacionada com a presença de leveduras. Streichsbier et al. (1982 apud INBAR et al., 1988) descobriram que as elevadas concentrações de açúcar, concentrações de ácido e álcool, favorecem o desenvolvimento de leveduras que estão presentes de forma natural no material. Além disso, as leveduras utilizam a fermentação dos açúcares como parte da atividade metabólica e dessa forma contribuem para o aumento de temperatura.

Apesar de existir uma legislação que limita a presença de bolores e leveduras para alimentos, a presença destes microrganismos não prejudica o composto no caso da compostagem, de acordo com os autores. A presença destes favorece o crescimento de microrganismos que irão atuar na degradação da matéria orgânica presente nas leiras de compostagem, acelerando o processo.

Foi observada a presença de bolores e leveduras em todas as amostras analisadas, independente do tempo de permanência na composteira e do tipo de processo.

5.3 COMPARAÇÃO DOS PROCESSOS E POSSIBILIDADES PARA REMOÇÃO DE PATÓGENOS

A partir dos resultados finais pode-se concluir que o controle no processo de compostagem se mostra eficaz com relação à redução na presença de patógenos. A composteira da Propriedade 1 que foi considerada o melhor processo entre as três analisadas, possui o controle da aeração através do revolvimento e a vermicompostagem. O número de Coliformes Totais e Termotolerantes nas amostras desta Propriedade foi o menor entre as demais. No entanto, observou-se a presença de *Salmonella sp.* e bolores e leveduras.

A Propriedade 2 que realizou revolvimentos na leira de compostagem apenas quando foi necessário, teve um número de patógenos um pouco maior se comparado a Propriedade 1 e 3, mas ainda de acordo com o permitido pela legislação. Da mesma forma que a Propriedade anterior, também foi observada a presença de *Salmonella sp.* e bolores e leveduras.

Por fim, a composteira da Propriedade 3 que foi considerada o processo menos eficiente entre as demais, por conta dos controles de aeração que não foram realizados, mostrou resultados semelhantes a Propriedade 2 com relação ao número de patógenos como Coliformes Totais e Termotolerantes. Porém, comparando a Propriedade 1 que teve um bom controle com a Propriedade 3, a primeira se sobressai e mostra resultados melhores, alguns parecidos. Houve ainda a presença de *Salmonella sp.* e bolores e leveduras como nas anteriores.

O quadro 7 apresenta os resultados da avaliação microbiológica realizada para todas as amostras coletadas. Para bolores e leveduras não existe legislação específica para o caso de fertilizantes orgânicos, portanto não apresenta condição como as demais.

Quadro 7 – Resultados da avaliação microbiológica realizada com as condições de acordo com a IN 27/2006 do MAPA.

| Amostras das 3 Propriedades | | Coliformes Termotolerantes | | <i>Salmonella sp.</i> | | Bolores e Leveduras |
|-----------------------------|------------------|---|------------|--|------------|---|
| | | Condição: Máximo admitido – NMP 1000,00 | | Condição: Ausência em 10 g de amostra seca | | |
| Propr. 1 | Amostra 1 | >110 | Inadequado | Presença | Inadequado | 5,1 x 10 ² a 1,6 x 10 ⁴ |
| | Amostra 2 | 24 | Adequado | Presença | Inadequado | 7,1 x 10 ² a 3,1 x 10 ⁴ |
| | Amostra 3 | 2,3 | Adequado | Presença | Inadequado | 6,4 x 10 ² a 2,4 x 10 ⁴ |
| | Amostra 4 | <0,3 | Adequado | Presença | Inadequado | 8,0 x 10 ² a 2,7 x 10 ⁴ |
| Propr. 2 | Amostra 5 | 46 | Adequado | Presença | Inadequado | 3,6 x 10 ² a 2,1 x 10 ⁴ |
| Propr. 3 | Amostra 6 | 0,36 | Adequado | Presença | Inadequado | 4,6 x 10 ² a 5,2 x 10 ⁴ |

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para todos os casos recomenda-se o controle da temperatura, mantendo-a na faixa de 55°C para eliminação dos patógenos como Coliformes Termotolerantes e *Salmonella sp.* e o controle da aeração através de revolvimentos.

5.4 DISCUSSÕES GERAIS DOS RESULTADOS

Fazendo o comparativo entre as amostras analisadas das três Propriedades, nota-se que o controle do processo influencia consideravelmente na qualidade do composto final. A Propriedade 1 possui o diferencial de trabalhar com a vermicompostagem aliada a compostagem. De acordo com Albanell et al. (1988 apud LOUREIRO et al., 2007) a vermicompostagem “acelera a estabilização da matéria orgânica e produz um composto com menor relação C/N, maior capacidade de troca catiônica e maior quantidade de substâncias húmicas”, se comparado a compostagem sem o uso de minhocas. Dessa forma obtêm-se o composto em menor tempo.

As minhocas se alimentam preferencialmente de resíduos de origem animal provenientes das criações de bovinos, equinos, caprinos, suínos e ovinos que são consideradas excelentes fontes de matéria-prima para criação de minhocas (ZEOLA; SOBRINHO; NETO, 2006). Na Propriedade 1 se faz o uso do dejetivo ovino proveniente de Propriedade vizinha.

Com isso observa-se que a escolha do substrato e o uso da vermicompostagem melhoram a qualidade final do composto. Isto pode ser afirmado, pois os melhores resultados das análises microbiológicas estão na Propriedade 1. Foi detectada ausência de Coliformes Termotolerantes na amostra 4 com 6 meses de tempo de permanência na composteira indicando que estes foram eliminados do processo de compostagem. Esta amostra representa o composto final pronto para uso.

De acordo com Lau et al. (1992 apud JUNIOR et al., 2009), a temperatura durante o processo de compostagem deve ficar na faixa de 55°C e deve se manter nesta temperatura por pelo menos três dias consecutivos. Provavelmente a composteira da Propriedade 1 atingiu esta faixa de temperatura, pois reduziu significativamente o número de Coliformes Termotolerantes.

Este fato foi comprovado através dos estudos de Junior et al. (2009) que demonstraram a eficiência do processo de compostagem quando a temperatura permaneceu superior a 40°C logo no segundo dia até o vigésimo dia de enleiramento, atingindo o pico da temperatura no quinto dia quando atingiu 65°C.

Nas amostras 1, 2 e 3 da Propriedade 1 foi observada a presença de Coliformes Termotolerantes, sendo estas referentes a 15 dias, 2 meses e 4 meses de tempo de permanência na composteira, respectivamente. De acordo com a Instrução Normativa nº 27 do MAPA as amostras estão dentro do valor máximo permitido (BRASIL, 2006).

Na Propriedade 2 não é realizado o controle do processo. São realizados revolvimentos somente quando necessário e os resíduos são cobertos com lona para não ocorrer excesso de umidade. A amostra referente a esta Propriedade é a amostra 5, onde foi observada a presença de Coliformes Termotolerantes indicando que o composto não está maturado e que não atingiu a temperatura ideal para eliminação destes patógenos. Porém, ainda se encontra dentro do valor admitido pela Instrução Normativa nº 27 do MAPA e, portanto pode ser utilizado para fins agrícolas (BRASIL, 2006).

E na Propriedade 3, da mesma forma que a anterior, não é realizado o controle do processo. Os resíduos são depositados na leira de forma precária estando expostos às condições do ambiente. Neste caso, não são realizados revolvimentos. No entanto, a presença de Coliformes Termotolerantes na amostra 6 referente a Propriedade 3 foi inferior se comparada a Propriedade 2. Dessa forma, encontra-se dentro do valor admitido pela Instrução Normativa nº 27 do MAPA (BRASIL, 2006).

Nas Propriedades 2 e 3 as leiras de compostagem são montadas na forma de pilhas. É um fato que pode ter contribuído para a presença de Coliformes Termotolerantes é o próprio formato. De acordo com Augusto (2016), quando a compostagem é feita na forma de pilhas, a temperatura da porção central fica na faixa de 55°C e na porção superficial bem abaixo deste valor. Por isso recomenda-se o revolvimento do material para que ocorra a introdução de oxigênio, favorecendo a atividade microbiana e dessa forma aumentando a temperatura da leira. Ainda, segundo os autores o ideal é que ocorra o revolvimento a cada 3 dias mantendo a temperatura acima de 55°C durante 15 dias.

A presença de *Salmonella sp.* nas amostras das 3 Propriedades está ligada ao dejetos de diversas espécies animais, sendo mais comum a presença no dejetos de aves (AUGUSTO, 2016). Na Propriedade 1, se faz o uso do dejetos ovino e na Propriedade 2 e 3 também se faz o uso de dejetos animal, no entanto, não se sabe ao certo de qual espécie animal.

No caso da *Salmonella sp.* se tem uma preocupação a mais pelo fato de causar problemas a saúde humana. Segundo Germano; Germano (2003 apud ABREU 2008) os microrganismos da espécie *Salmonella* podem se multiplicar quando a temperatura estiver na faixa de 7 a 49,5°C, sendo 37°C a temperatura ideal de crescimento. Ainda de acordo com os autores em cerca de 4 horas um alimento contaminado pode tornar-se infectante.

No entanto, a *Salmonella sp.* pode ser destruída em até 60 minutos com temperatura de 55°C ou em até 15 minutos com temperatura de 60°C (FLORES, 2011). Por isso é fundamental que o processo de compostagem permaneça na fase inicial com temperaturas acima de 55°C para a destruição de patógenos (PEREIRA NETO, 2007). Além disso, é

necessário um tempo mínimo de 18 dias para eliminação de *Salmonella sp.* com temperaturas termofílicas (PEREIRA NETO, 1989 apud FLORES, 2011).

Já com relação à presença de bolores e leveduras, estes são de ocorrência natural nos processos de compostagem, conforme citado anteriormente por Pepe; Ventorino; Blaiotta (2013). Além disso, atribui-se a presença destes microrganismos a substratos com altos teores de açúcares como a cana-de-açúcar.

Estes microrganismos não prejudicam o processo da compostagem e favorecem o crescimento de outros microrganismos que irão atuar no processo de degradação da matéria orgânica presente nas leiras de compostagem.

Quanto a análise de pH das amostras coletadas, todas seguiram o padrão estabelecido por Tedesco et al. (1995), que afirma que o pH medido na Solução de CaCl_2 é inferior ao pH medido em água. Fato comprovado com a realização da análise.

Referente à Propriedade 1, observou-se na amostra 1 que o pH medido ficou na faixa de 8,00; reduzindo para 6,92 (amostra 2); aumentando para 7,06 (amostra 3) e estabilizando em 7,15 (amostra 4). Estando de acordo com o que diz Kiehl (2002) quando afirma que no início da compostagem o pH tende a reduzir até 5 e em seguida aumenta gradativamente em torno de 7 ou 8 quando o composto estabiliza. O pH ideal ao final do processo de compostagem deve ser de no mínimo 6 (VALENTE, 2008). Portanto com relação ao pH o composto final da Propriedade 1 encontra-se em condições de uso pois está estabilizado.

Na Propriedade 2, o valor de pH para a amostra 5 foi de 7,94. De acordo com os estudos de Deon et al., (2007 apud VALENTE et al., 2009, p. 10) o pH do composto permaneceu constante, em torno de 7,8 quando analisaram a compostagem de resíduos alimentares com restos de jardim. Caso semelhante ao da Propriedade 2. Da mesma forma que o anterior, o valor do pH está próximo a neutralidade estando em condições de uso.

Por fim, na Propriedade 3 o valor de pH medido foi de 7,14 referente a amostra 6. PROPRIEDADETambém está de acordo com o que diz Kiehl (2002), Valente (2008) e Deon et al., (2007 apud VALENTE et al., 2009, p. 10). Portanto, encontra-se em condições de uso, pois o composto apresenta-se estabilizado.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com relação à caracterização do resíduo sólido gerado em pequenas Propriedades, percebe-se que as amostras coletadas na Propriedade 1 obtiveram melhores resultados se comparados as amostras coletadas nas Propriedades 2 e 3. Isto porque a composteira da

Propriedade 1 possui um controle, como o revolvimento da leira quando necessário. O revolvimento da leira é um controle fundamental no processo de compostagem, pois a falta de revolvimento faz com que ocorra um processo anaeróbico, o que dificulta a decomposição da matéria orgânica e por isso as temperaturas ideais não são atingidas.

Apesar de não ter sido realizado o monitoramento da temperatura na Propriedade 1, observou-se ao longo do processo que a quantidade de Coliformes Termotolerantes foi reduzida a níveis permitidos pela legislação como a Instrução Normativa nº 27 do MAPA (BRASIL, 2006). Isto indica que a temperatura esteve na faixa de 50 a 60°C que é a temperatura ideal para remoção de patógenos da compostagem. Nas Propriedades 2 e 3 a quantidade de Coliformes Termotolerantes foi superior, no entanto, ainda com valores permitidos pela legislação.

Na análise microbiológica das amostras coletadas nas três Propriedades notou-se a presença de *Salmonella sp.* e de bolores e leveduras. O primeiro associado às condições de higiene dos alimentos antes de irem para a composteira. E o segundo de ocorrência natural na compostagem e também associado à presença de substratos com elevado teor de açúcar.

Diante disso, nota-se a importância de controlar os parâmetros em processos de compostagem em pequena escala. Os resultados da análise microbiológica mostram que nos processos onde não são realizados controles a presença de patógenos é maior. Apenas monitorar não é suficiente, é necessário um controle dos principais parâmetros do processo como temperatura, aeração (através do revolvimento), umidade, pH, entre outros e com isso a eliminação dos patógenos.

Para as três Propriedades sugere-se como melhoria no processo de compostagem o controle dos parâmetros, sendo para estes casos o mais adequado o revolvimento da leira de compostagem a cada três dias ou conforme a necessidade.

Por fim, pode-se concluir que a pesquisa realizada trouxe contribuições pertinentes para a atualidade, principalmente no que diz respeito à avaliação microbiológica em resíduos orgânicos agroindustriais, em processos de compostagem em pequena escala.

Ainda são necessários estudos para verificação deste problema de contaminação, por isso sugere-se como trabalho futuro a avaliação microbiológica do processo de compostagem em pequena escala, desde o início até o final do processo. Controlando também os parâmetros temperatura e aeração, visto como os mais importantes e considerados os fatores determinantes para a presença ou não de patógenos no composto. Dessa forma será obtido um composto com boa qualidade.

REFERÊNCIAS

- ABRELPE. Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil**. São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2014.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2015.
- ABREU, I. M. O. **Produtividade e qualidade microbiológica de alface sob diferentes fontes de adubos orgânicos**. 2008. 81 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2008. Disponível em: <http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/3051/1/dissertacaoepaca_10_04_orig.pdf>. Acesso em: 18 maio 2016.
- AMORIM, A. C.; JÚNIOR, J. L.; RESENDE, K. T. Compostagem e vermicompostagem de dejetos de caprinos: efeitos das estações do ano. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n.1, p.57-66, jan/abr, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162005000100007>. Acesso em: 15 nov. 2015.
- ANDREOLLI, C.V. Tratamento e disposição do lodo de esgoto no Paraná. **Sanare**, v. 1, p. 10-15, Curitiba, 1994.
- AOAC Official Method 2003.09 - BAX[®] Automated System. AOAC International 19th Edition, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.004**: Resíduos sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.006**: Procedimento para obtenção de extrato solubilizado de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10.007**: Amostragem de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.
- ASPAN. **Guia prático para atividades de compostagem no domicílio e na comunidade**. 2003. Disponível em: <<http://www.cabo.pe.gov.br/pners/CONTE%20C3%9ADO%20DIGITAL/COMPOSTAGEM/GUIA%20PR%20C3%81TICO%20COMPOSTAGEM%20ASPAN/GUIA%20PR%20C3%81TICO%20COMPOSTAGEM%20-%20ASPAN.doc>>. Acesso em: 25 nov. 2015.
- AUGUSTO, K. V. Z. Eliminação de patógenos no esterco através da compostagem. **Avicultura industrial**. Campinas, 2016. Disponível em: <<http://www.aviculturaindustrial.com.br/imprensa/eliminacao-de-patogenos-no-esterco-atraves-da-compostagem-por-karolina-von-zuben-augusto/20110815-141325-Z913>>. Acesso em: 04 maio 2016.
- BERNARDO, A. A. **O uso de Radiações não Ionizantes na Compostagem em Pequena Escala**. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade do Extremo Sul

Catarinense, Criciúma-SC, 2008. Disponível em:
<<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp062424.pdf>>. Acesso em: 04 out. 2015.

BIDONE, F. R. A. **Resíduos sólidos provenientes de coletas especiais: eliminação e valorização**. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental-ABES. Rio de Janeiro. Brasil, 2001. Disponível em:
<http://livroaberto.ibict.br/bitstream/1/643/4/Res%C3%ADduos%20s%C3%B3lidos%20provenientes%20de%20coletas%20especiais_elimina%C3%A7%C3%A3o%20e%20valoriza%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 10 out. 2015.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 27, de 05 de junho de 2006**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Publicado no Diário Oficial da União de 09/06/2006, Seção 1, Página 15. Brasília-DF, 2006. Disponível em:
<<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=76854>>. Acesso em: 14 abr. 2016.

BRASIL. **Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Coordenação-Geral de Apoio Laboratorial; Murilo Carlos Muniz Veras (Org.) – Brasília: MAPA/ SDA/CGAL, 2014. 220 p. Disponível em:
<http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Laboratorio/MANUAL%20_IN%205_%20ANALITICOS-OFICIAIS-PARA-FERTILIZANTES-E-CORRETIVOS_COM_CAPA_FINAL_03.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2015.

BRASIL. **Portaria nº 8, de 23 de Janeiro de 1995**. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Secretaria de Defesa Agropecuária. Método Analítico de Carcaça de Aves e Pesquisa de *Salmonella*. Brasília, 1995. Disponível em:
<http://www.adapar.pr.gov.br/arquivos/File/defis/Ddsa/area_sanidade_avicola/legislacoes_avicolas/federal/lf_7_portaria_8_de_1995.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2016.

BRITO, M. J. C. **Processo de Compostagem de Resíduos Urbanos em Pequena Escala e Potencial de Utilização do Composto como Substrato**. 2008. 124 f. Dissertação (Mestrado Em Engenharia De Processos) - Universidade Tiradentes, Aracaju-CE, 2008. Disponível em:
<<http://livros01.livrosgratis.com.br/cp045847.pdf>>. Acesso em: 04 out. 2015.

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**. 2010. 159 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade de Ciências Exatas da Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2010. Disponível em:
<http://www.ceasa.pr.gov.br/arquivos/File/TCC_USO_DEGRADADORES_BIOLOGICOS.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2016.

CASTILHOS, Jr. A. B.; LANGE, L. C.; GOMES, L. P.; PESSIN, N. **Relatório final PROSAB**, 2003. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/ProsabArmando.pdf>>. Acesso em: 11 out. 2015.

CEPA. Centro de Pesquisa em Alimentação. Universidade de Passo Fundo. 2015. Disponível em: <<http://www.upf.br/cepa/>>. Acesso em: 25 nov. 2015.

CETESB - Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. **Emissões de metano no**

tratamento e na disposição de resíduos. Relatório de referência: Primeiro inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa. Ministério de Ciência e Tecnologia - MCT, 2006. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0008/8856.pdf>. Acesso em: 01 nov. 2015.

CORREA, R. S., FONSECA, Y. M. F., CORREA, A. S. Produção de bio-sólido agrícola por meio da compostagem e vermicompostagem de lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.4, p. 420-426. 2007.

D'ALMEIDA, M. L. O, VILHENA, A. **Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado**. 2. ed. São Paulo : IPT/CEMPRE, 370p. 2000.

FERREIRA, M. B.; BORDIN, L. C.; TEIXEIRA, B. K.; MODEL, B. P.; NETTO, R. G. S.; NESPOLO, C. R. Contaminação microbiológica em alfaces comercializadas na Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul. In: SIMPÓSIO DE SEGURANÇA ALIMENTAR E SAÚDE, 5., 2015, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: UFRGS, 2015. p. 1-4. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/sbctars-eventos/gerenciador/painel/trabalhosversaofinal/SAL119.pdf>>. Acesso em: 29 abr. 2016.

FLORES, J. P. **Avaliação da utilização de fezes caninas em composteiras de pequena escala**. 2011, 97 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente Urbano e Industrial) - Setor de Engenharia Química da Universidade Federal do Paraná, Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial e Universität Stuttgart, Curitiba-PR, 2011. Disponível em: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br/dspace/bitstream/handle/1884/29344/R%20-%20D%20-%20JULIENE%20PAIVA%20FLORES.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 12 out. 2015.

FUREDY, C. Reduzindo os Riscos para a Saúde do Uso do Lixo Orgânico Sólido Urbano. **Revista Agricultura Urbana**, n.3, março, 2001. Disponível em: <<http://agriculturaurbana.org.br/RAU/AU03/AU3lixo.html>>. Acesso em: 01 nov. 2015.

HAUG, R.T. **The Practical Handbook of Compost Engineering**. Lewis, Boca Ratón, 1993.

IFTIKHAR, Y.; RAUF, S.; SHAHZAD, U.; ZAHID, M. A. Huanglongbing: Pathogen detection system for integrated disease management – A review. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, Pakistan, 2014. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1658077X14000320>>. Acesso em: 19 out. 2015.

INBAR, Y.; CHEN, Y.; HADAR, Y. **Composting of Agricultural Wastes for their Use as Container Media**: Simulation of the Composting Process. *Biological Wastes*, Belgium-Israel, Issue 4, 1988, pages 247-259. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0269748388901322>>. Acesso em: 04 maio 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa Nacional de saneamento Básico 2000. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 04 out. 2015.

ISMAEL, L. L.; PEREIRA, R. A.; FARIAS, C. A. S.; FARIAS, E. T. R. Avaliação de composteiras para reciclagem de resíduos orgânicos em pequena escala. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. Mossoró-RN, v. 8, n.4, p.28 -39, out-dez, 2013. Disponível em:

<<http://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RVADS/article/view/2403>>. Acesso em: 24 ago. 2015.

ISO 6579:2002 Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the detection of *Salmonella sp.*

JARDIM, N. S.; PRANDINI F. L.; MANO, V. G. T.; D'ALMEIDA, M. L. O.; WELLS, C. **Lixo Municipal: manual de gerenciamento integrado**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE), 1995. 278p.

JUNIOR, M. A. P. O.; ORRICO, A. C. A.; JUNIOR, J. L. Compostagem da fração sólida da água residuária de suinocultura. **Eng. Agríc.** Jaboticabal, v. 29, n. 3, jul-set. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162009000300015>. Acesso em: 20 abr. 2016.

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

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1985. 492p.

KIEHL, José Edmar. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. São Paulo. Editado pelo autor, 2002.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem: maturação e qualidade do composto**. 4ed. Piracicaba. 173 p. 2004.

KOLLING, F. D.; BUSNELLO, J. F.; DALLA COSTA, R.; MOURA, C. L. Processo de compostagem em pequena escala com diferentes fontes de resíduos. In: Congresso Brasileiro de Agroecologia, 8., 2013, Porto Alegre/RS. **Resumos...** Porto Alegre/RS, 2013. Disponível em: <<http://www.aba-agroecologia.org.br/revistas/index.php/cad/article/view/13576/9651>>. Acesso em: 04 nov. 2015.

LIMA, L.M.Q. **Lixo: tratamento e biorremediação**. 3ª ed. Hemus Livraria, Distribuidora e Editora 2004.

LOUREIRO, D. C.; AQUINO, A. M.; ZONTA, E.; LIMA, E. Compostagem e vermicompostagem de resíduos domiciliares com esterco bovino para a produção de insumo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 7, p. 1043-1048, jul. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/pab/v42n7/18.pdf>>. Acesso em: 19 abr. 2016.

LUZ, F.X.R. **Aterro sanitário, características, limitações, tecnologia para a implantação e a operação**. São Paulo: COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO BÁSICO, 1981. Disponível em: <http://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/90695/carolino_ef_me_botfca.pdf?sequence=1>. Acesso em: 11 out. 2015.

MACHADO, N.L.; MORAES, L.R.S. RSSS: Revisitando as soluções adotadas no Brasil para tratamento e destino final. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23, 2005, Campo Grande. **Artigo Técnico**. Engenharia Sanitária e Ambiental: 2004. p. 55-64.

MARAGNO, E. S.; TROMBIN, D. F.; VIANA, E. O Uso da Serragem no Processo de Minicompostagem. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**. Rio de Janeiro, v.12, n.4, p. 355-360, out-dez, 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522007000400001>. Acesso em: 24 ago. 2015.

MARIA, L. C. C. Proposta para destino adequado de resíduos provenientes de agroindústria familiar no município de Mesquita/RJ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 4., 2013, Salvador. **Artigo Técnico**. Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2013. p. 1-7. Disponível em: <<http://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2013/XI-073.pdf>>. Acesso em: 16 maio 2016.

MARQUES, M.; HOGGLAND, W. **Processo descentralizado de compostagem em pequena escala para resíduos sólidos domiciliares em áreas urbanas**. In: XVIII Interamerican Congress of Sanitary and Environmental Engineering, October 27-31, Cancun, Mexico, 2002. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/mexico26/iv-045.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2015.

MATOS, A. T. **Tratamento de resíduos agroindustriais**. Viçosa-MG, 2005. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAYNoAL/tratamento-residuos-agroindustriais>>. Acesso em: 03 nov. 2015.

MCCARTHY, G.; LAWLOR, P. G.; CARNEY, K. N.; ZHAN, X.; GUTIERREZ, M.; GARDINER, G. E. An investigation into the removal of Salmonella and enteric indicator bacteria from the separated liquid fraction of raw or anaerobically digested pig manure using novel on-farm woodchip biofilters. **Science of the Total Environment**, Ireland, v. 514, p.140-146, 2015. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969714017380>>. Acesso em: 19 out. 2015.

MENDES, A. A; CINTRÃO, J. F. F. Os resíduos de serviços de saúde – RSS e a questão ambiental. **Revista Uniara**, n.15, 2004. Disponível em: <http://www.uniara.com.br/legado/revistauniara/pdf/15/rev15completa_11.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2015.

OLIVEIRA, R. A. V. **Análise do processo de implantação de uma Unidade Descentralizada de Compostagem no Campus II da USP São Carlos**. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos-SP, 2013. Disponível em: <www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/.../Oliveira_Renato_Arruda_Vaz_de.pdf>. Acesso em: 10 out. 2015.

OLIVEIRA, E. C. A; SARTORI, R. H.; GARCEZ, T. B. **Compostagem**. Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas - Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura Luiz de Quieroz, Piracicaba-SP, 2008. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Compostagem_000fhc8nfqz02wyiv80efhb2adn37yaw.pdf>. Acesso em: 10 out. 2015.

PEPE, O; VENTORINO, V; BLAIOTTA, G. **Dynamic of functional microbial groups during mesophilic composting of agro-industrial wastes and free-living (N₂)-fixing**

bacteria application. Waste Management, v. 33, Issue 7, July 2013, Pages 1616-1625 .
Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X13001670>>.
Acesso em: 04 maio 2016.

PEREIRA, R. A. **Compostagem em pequena escala e uso do composto como substrato na germinação de sementes de tomate (*Lycopersicon esculentum*).** 2013. 56 f. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Sistemas Agroindustriais da Universidade Federal de Campina Grande (CCTA/UFPG), como requisito para obtenção do grau de Mestre em Sistemas Agroindustriais, Pombal-PB, 2013. Disponível em: <<http://periodicos.ccta.ufcg.edu.br/index.php/PPSA/article/viewFile/36/5>>. Acesso em: 03 nov. 2015

PEREIRA NETO, J.T. **Manual de compostagem processo de baixo custo.** Belo Horizonte: UNICEF, 1996.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de Compostagem: processo de baixo custo.** Viçosa, MG; UFV, 2007.

PEREIRA NETO, J.T.; STENTIFORD, E.I. Aspectos epidemiológicos da compostagem. **Revista de Biologia**, Uberlândia, v.1, n.1, p.1-6, 1992.

PRÁ, M.; CORREA, E.; CORREA, L.; LOBO, M.; SPEROTTO, L.; MORES, E. **Compostagem como Alternativa para a Gestão Ambiental na Produção de Suínos.** Porto Alegre: Editora Evandraf Ltda, 2009. 144p.: il.

PROLAB. **O que é meio de cultura e para que serve.** São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://www.prolab.com.br/blog/o-que-e-meio-de-cultura-e-para-que-serve/>>. Acesso em: 24 mar. 2016.

PROSAB - Programa de Pesquisa em Saneamento Básico. **Manual Prático para a Compostagem de Biossólidos.** UEL - Universidade Estadual de Londrina. Londrina – PR, 1996. Disponível em: <http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/historico-de-programas/prosab/Livro_Compostagem.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2015.

REIS, M. F. P.; ESCOSTEGUY, P. V., SELBACH, P. **Teoria e Prática da Compostagem de Resíduos Sólidos Urbanos.** Passo Fundo, UPF, 2004.

RICE, E. W., BAIRD, R. B., CLESCERI, A. D.. **Standard Methods for the examination of water and wastewater.** 22nd Edition, WATER ENVIRONMENT FEDERATION, 2012. Method: 9221.

RODRIGUES, M. S., F. C. DA SILVA, L. P. BARREIRA, KOVACS, A. **Compostagem: reciclagem de resíduos sólidos orgânicos.** In: Spadotto, C. A.; Ribeiro, W. Gestão de Resíduos na agricultura e agroindústria. FEPAF. Botucatu. p. 63-94. 2006.

SANTOS, G. C e MONTEIRO, M. Sistema orgânico de produção de alimentos. **Alim. Nutr.**, Araraquara, v.15, n.1, p.73-86, 2004. Disponível em: <<http://www.ciorganicos.com.br/wp-content/uploads/2013/09/ttt.pdf>>. Acesso em: 22 abr. 2016.

SERAFIM M.V.; BORGES, I.; GONÇALVES, L. C.; RODRIGUEZ, N. M.; RODRIGUES, J. A. S. Desaparecimento in situ da matéria seca, proteína bruta e fração fibrosa das silagens

de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L). Moench). **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**. Belo Horizonte-MG, v.52, n.6, dez 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-09352000000600014&script=sci_arttext>. Acesso em: 12 out. 2015.

SILVA, M. C. **Avaliação da qualidade microbiológica de alimentos com a utilização de metodologias convencionais e do sistema Simplate**. 2002. 87 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002. Disponível: <<https://www.google.com.br/webhp?sourceid=chrome-instant&ion=1&espv=2&ie=UTF-8#>>. Acesso em: 13 abr. 2016.

SILVA, F. C.; BERTON, R. S.; CHITOLINA, J. C.; BALLESTERO, S. D. **Recomendações Técnicas para Uso Agrícola do Composto de Lixo Urbano no Estado de São Paulo**. Circular Técnica 3 – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Campinas, SP, 2002. <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/8691/1/circtec3.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2015.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 2º ed. São Paulo: Livraria Varela, 2001.

SPADER, S. **O uso da casca de arroz em processos de minicompostagem**. 2005. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gestão de Recursos Naturais) - Universidade do Extremo Sul Catarinense- UNESC, Criciúma-SC, 2005. Disponível em: <<http://www.bib.unesc.net/biblioteca/sumario/000028/00002829.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2015.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de solo, planta e outros materiais: Boletim técnico nº 5**. Porto Alegre: Departamento de Solos, Faculdade de Agronomia, UFRGS, 1995.

TEIXEIRA, L. B.; GERMANO, V. F. C.; OLIVEIRA, R. F.; JUNIOR, J. F. **Processo de Compostagem a Partir de Lixo Orgânico Urbano e Carço de Açaí**. Circular técnico - Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Embrapa. Belem-PA, 2002. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/404180/1/Circ.tec.29.pdf>>. Acesso em: 26 out. 2015.

VALENTE, B.S. **Tratamento de carcaças avícolas através da compostagem**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia). Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 154 p, 2008.

VALENTE, B. S.; XAVIER, E. G.; MORSELLI, T. B. G. A.; JAHNKE, D. S.; BRUM JR, B. S.; CABRERA, B. R.; MORAES, P. O.; LOPES, D. C. N. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Arquivos de zootecnia**, Pelotas-RS, v. 58, p. 59-85, abr. 2009. Disponível em: <http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/pHp/img/web/07_18_48_1395REVISIONFatoresValente1.pdf>. Acesso em: 02 mar. 2016.

ZEOLA, N. M. B. L.; SOBRINHO, A. G. S.; NETO, S. G. **Compostagem e vermicompostagem na ovinocultura**. Associação Paulista de Criadores de Ovinos. São Paulo, 2006. Disponível em: <<http://www.aspaco.org.br/materias.php?id=278>>. Acesso em: 01 maio 2016.