

ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA SOBRE OS PRINCIPAIS ELEMENTOS QUE INFLUENCIAM O PROCESSO DE COMPOSTAGEM



10.56238/edimpacto2025.015-009

Mateus Brito Silverio
Graduando em Agronomia

Hiandra Alves Pagane
Graduanda em Agronomia

José André Júnior
Professor UNITPAC

RESUMO

Com o avanço das tecnologias, a Agronomia desempenha um papel fundamental na adaptação de novos conhecimentos, entre eles a compostagem, técnica essencial para a minimização de impactos ambientais. Tradicionalmente utilizada no meio rural e em centros de reciclagem, a compostagem permite o reaproveitamento de resíduos orgânicos, transformando-os em adubo e reduzindo a poluição. A geração crescente de resíduos, impulsionada pelo aumento populacional e tecnológico, exige uma gestão eficiente desses materiais. A compostagem, além de ser uma prática milenar, apresenta benefícios econômicos e ambientais, como o aumento da produtividade do solo, a redução de resíduos e a diminuição da poluição. Este estudo tem como objetivo revisar os fatores envolvidos no processo de compostagem, abordando seu histórico, os principais elementos que favorecem sua aplicação e sua relevância para a Agronomia como prática sustentável e acessível na gestão de resíduos orgânicos.

Palavras-chave: Compostagem. Resíduos Orgânicos. Sustentabilidade. Agronomia. Gestão Ambiental.

1 INTRODUÇÃO

Com evolução das tecnologias, a Agronomia como importante ciência que estuda as diversas condições e propostas do meio ambiente adequando-se novos conhecimentos sobre a compostagem por ser uma das técnicas utilizadas como instrumento para minimizar os possíveis agravos sobre a natureza nessa pesquisa.

Tradicionalmente, a prática é vista no meio rural e em centros de reciclagem de resíduos. Para o primeiro caso, o agricultor procura por uma forma de reutilizar o material que sobra em alguma forma proveitosa, como o adubo constituído de matéria orgânica. Já no segundo caso, são medidas sociais ou administrativas que devem ser tomadas para o interesse da população como um todo, contendo a quantidade de material que ainda resta, visto que também é um poluente e precisa ser estabilizado. E tratando-se disso, os possíveis benefícios da compostagem são de ser uma técnica barata e limitar a poluição do ar.

Os resíduos alimentares são parte do cotidiano humano. Todavia, com o crescimento em alta escala populacional e o advento em massa de novas tecnologias, é natural que se tenha que avaliar uma boa gestão desses para os tempos modernos (MILARÉ, 2007). A compostagem é uma técnica milenar efetuada pelos chineses, muito tempo atrás (FERREIRA, et al., 1981).

A declaração internacional lançada no ano de 2016 pelo Programa das Nações Unidas para o Ambiente (PNUMA), o Global Waste Management Outlook computou que em todo mundo são produzidas 2 bilhões de toneladas de resíduos e que perto de 50% não possuem um destino congruente (PNUMA, 2015).

O processo de decomposição da matéria orgânica, com o entendimento da ciclagem, o qual ocorre à transformação em húmus, contribui para o aumento da produtividade do solo. Além disso, auxilia na redução de resíduos descartados pela população mundial, na medida em que há melhor reaproveitamento deles, em tese, forma mais sustentável pensando no lado ambiental e corte de gastos para armazenamento e transporte em prol do composto.

Pode-se referir a ela como o processo de decomposição biológica, aeróbica e termofílica, controlado e manejado, de degradação dos resíduos orgânicos, que transcorre em produto orgânico mais estável, tanto química quanto biologicamente tratado, para fins de uso no meio agrícola (EPSTEIN, 1997).

Zhu (2007) frisa como atributos da prática da compostagem à reciclagem dos elementos de interesse, a diminuição do volume inicial de resíduos, a degradação de substâncias tóxicas e/ou patógenos assim como a geração de energia.

O interesse e justificativa por querer estudar o tema foram percebidos nos achados da literatura como relevante importância da compostagem como técnica aplicada que pode minimizar os problemas

poluentes utilizados no meio rural e recursos para manter conservado um cenário cada vez produtivo e lucrativo.

O objetivo do estudo foi discorrer sobre os fatores envolvidos no processo de compostagem através da revisão da literatura. Nos objetivos específicos foram realizados: conceituar o histórico da compostagem, meios e fatores que contribuem para seu processo, e por fim, ideias e conhecimentos que permitam o desenvolvimento dessa técnica e seu uso na Agronomia.

Assim sendo, este trabalho monográfico tem a intenção de trabalhar com os conhecimentos sobre a técnica da compostagem, seu uso, sua contribuição, porque desse uso e o custeio como um dos mais acessíveis num cenário globalizado que tem sido eficaz no seu processamento sem ocasionar danos ao meio ambiente, mas minimizando os impactos causados.

2 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia que foi utilizada no trabalho será uma revisão bibliográfica, com método qualitativo abordando seus conceitos, ideias, objetivos e considerações, nas quais a reflexão a partir dos autores podem apontar principalmente mudanças contextuais que precisam ser revistas.

Extinguir 100% da geração de resíduos se torna uma tarefa impossível, porém há muitas maneiras de diminuir, controlar e gerir os impactos causados, tendo em vista que o desenvolvimento agrícola deve atender e adotar práticas cada vez mais sustentáveis que venham a ser objeto deste estudo.

Sobre a metodologia da revisão bibliográfica pode ser referenciada da seguinte maneira:

A Revisão Bibliográfica também é denominada de Revisão de literatura ou Referencial teórico. A Revisão Bibliográfica é parte de um projeto de pesquisa, que revela explicitamente o universo de contribuições científicas de autores sobre um tema específico (SANTOS e CANDELORO, 2006, p. 43).

Para realização desse estudo, a fundamentação contou com a busca eletrônica nos sites acadêmicos de Agronomia, na fomentação, escrita e produção textual de acordo com as normas da ABNT fornecidas pelo instituição do IFSULDEMINAS, Campus Machado.

Ao fazer o planejamento estrutural do conteúdo a ser pesquisada buscou-se nas principais bases de dados como o Google Acadêmico, portal da Agronomia, SCIELO, Revistas publicadas, artigos, dissertações e teses que se atentem a temática aqui já definida com os teores que pudessem contribuir diretamente com a fomentação desse estudo.

Os principais descritores para procurar os materiais foram: Agronomia, compostagem e principais técnicas, todas essas palavras serão de suma importância no desenvolvimento do trabalho.

Em suma, a pesquisa qualitativa tem como importante referencial segundo os autores Rodrigues e Limena (2006, p. 90):

Quando não emprega procedimentos estatísticos ou não tem, como objetivo principal, abordar o problema a partir desses procedimentos. É utilizada para investigar problemas que os procedimentos estatísticos não podem alcançar ou representar, em virtude de sua complexidade. Entre esses problemas, poderemos destacar aspectos psicológicos, opiniões, comportamentos, atitudes de indivíduos ou de grupos. Por meio da abordagem qualitativa, o pesquisador tenta descrever a complexidade de uma determinada hipótese, analisar a interação entre as variáveis e ainda interpretar os dados, fatos e teorias.

O trabalho após ser escolhida a metodologia, usou-se para selecionar os materiais para construção do trabalho as publicações documentadas num período de 10 anos entre 2008 a 2018, mas com a contribuição dos trabalhos mais antigos abaixo de 2008 por demonstrarem a relevância das pesquisas utilizadas com seus métodos, nos quais fomentassem, sobretudo as pesquisas relacionadas ao tema e objetivo desse trabalho.

Logo após a seletiva de materiais foi necessário fazer novamente outras leituras que pudessem contribuir com o desenvolvimento da pesquisa, com o teor bibliográfico e com a construção das ideias para os resultados e discussão dos autores.

Deste modo, a temática é de suma importância para os conhecimentos, visando fazer todo o procedimento de investigação para desenvolver a produção escrita desse trabalho monográfico.

3 HISTÓRIA DA COMPOSTAGEM

O meio ambiente é uma das grandes preocupações do homem sobre a sua preservação, cuidados e sustentabilidade, no entanto, com o passar dos anos, a implementação de novas tecnologias tem contribuído com essa condição, minimizando impactos originados pelo próprio homem por conta da poluição, tipo de agrotóxicos usados nas terras para conservar, mas que geram problemas no solo, águas e ar (PIRES e FERRÃO, 2017).

Com as tendências e evolução das tecnologias, o surgimento da compostagem tornou-se uma das técnicas que promovem e controlam a destinação dos resíduos orgânicos, nos quais se tem um elevado índice gerado por vários setores no Brasil, causando assim preocupações políticas, econômicas e sociais para seu descarte sem prejudicar o meio ambiente e o meio rural (RODRIGUES et al., 2015).

Em suma, a importância da compostagem pode ser mencionada nas ideias principais como discorrem na literatura:

A compostagem é uma técnica simples e de baixo custo, provavelmente, o mais antigo sistema de tratamento biológico utilizado pelo homem, tendo sido utilizado pelas antigas civilizações como um método natural de reciclagem dos nutrientes, comumente presentes, nos resíduos resultantes de suas atividades diárias (RODRIGUES et al., 2015, p.761).

A prática da compostagem é uma arte bem antiga que vem sendo aplicada há séculos e Albert Howard em 1920, conduzindo a realização de pesquisas que fundamentassem a forma racional, e por outra visão se define a compostagem “com um processo de decomposição controlado, em termos

técnicos, é a bioxidação aeróbia exotérmica de um substrato orgânico heterogêneo, no estado sólido.” (WOJAHN, 2016, p.28).

No entanto, “O resultado da compostagem é a liberação de gás carbônico, água, e produção, ao final, de um composto estável e rico em matéria orgânica.” (WOJAHN, 2016, p.28).

Em considerações importantes do Conama (resolução nº 375 de 29 de agosto de 2006) mostra principalmente os seus produtos e derivados como devem ser descartados sem ocasionar a degradação do meio ambiente, e a compostagem tem auxilia no processo direto da valorização da matéria orgânica seja de origem urbana, agrícola, industrial ou florestal, denota-se por seus critérios de reciclagem do lixo orgânico, fator este que utiliza a técnica com a finalidade de minimizar os riscos causados por estes resíduos classificados e distribuídos como descrito (BRASIL, 2006).

É imprescindível mencionar que há uma legislação que estabelece diretrizes para redução de impactos ao meio ambiente, denominada Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA, se fazendo necessário o presente estudo.

Em outras palavras, mostra-se que a compostagem se menciona ainda pelos resíduos e/ou seus micro-organismos como fungos e bactérias como os principais responsáveis pela degradação de matéria orgânica, uma vez que, o processo de compostagem vai realizar a transformação desse material em algo que possa favorecer de forma fértil (PIRES, FERRÃO, 2017).

De acordo com

Uma alternativa ambientalmente correta quanto à destinação dos resíduos orgânicos é a compostagem. Este processo pode ser definido como o processo de decomposição biológica, aeróbica e termofílica, controlado e manejado, de degradação dos resíduos orgânicos, que resulta em um produto orgânico mais estável, química e biologicamente, para uso como insumo agrícola (PIRES, FERRÃO, 2017, p.5).

Entende-se que a importância da compostagem está mencionada em vários estudos uma vez que esta técnica tem contribuído para as questões de saúde, políticas ambientais, agrícolas, econômicas que se tornaram eficaz com o seu processamento torna possível no insumo agrícola.

Na visão de Malheiros et al (2014) a compostagem é de suma importância se referenciando até mesmo na geração de resíduos residências com alimentos e outros que são descartados, o que demonstra-se por outros estudos o seu reaproveitamento como coleta de lixo orgânico que possa ser reciclado.

Assim, subentende-se pelo estudo que:

A compostagem é uma técnica para se obter em um tempo menor e sob condições melhores a estabilização da matéria orgânica. [...] acrescentam que o processo de compostagem, além de reduzir o volume e concentrar os nutrientes, fornece como produto final uma matéria que pode ser utilizado na melhoria das condições físicas e químicas dos solos. (WOJAHN, 2016, p.28).

Em suma, a compostagem como técnica tem auxiliado nas melhores formas sobre a matéria orgânica tornando possível descartar, reutilizar e reciclar na redução do volume que afeta o meio ambiente, e que possa oferecer riscos físicos e químicos no solo e na própria saúde humana.

Estudos de Rodrigues et al (2015) salientam que a compostagem além de ajudar no processamento da matéria orgânica, quando bem utilizada, tem vantagens resultantes sobre o produto estável ou similar ao húmus.

Nesse sentido, Malheiros et al (2014, p.2):

A compostagem propicia um destino útil para os resíduos orgânicos, evitando sua acumulação em aterros e lixões. Esse processo permite dar um destino aos resíduos orgânicos agrícolas, industriais e domésticos, como restos de comidas e resíduos da manutenção/ poda de jardins. O material aproveitado tem como resultado final um produto denominado, composto orgânico, que pode ser aplicado ao solo para melhorar suas características sem ocasionar riscos ao meio ambiente.

Assim sendo, a relevância da compostagem encontrou-se nas evidências de estudos da literatura com dados catalogados sobre os resíduos orgânicos que são reciclados com recursos tecnológicos com segurança e confiabilidade, uma vez que esse processo diminui os impactos agrícolas contribuindo com outros fatores vinculados a tal condição.

4 COMPOSTAGEM NO BRASIL

Como já delineado no estudo, a definição e a aplicabilidade da compostagem é um dos debates que vem ganhando destaque no cenário agrícola, uma vez que possibilita a reciclagem de materiais orgânicos sejam residenciais, industriais, químicos e físicos bem como ao seu processamento inicial já trazendo o resultado e contribuição sem causar danos e impactos ambientais.

Segundo Malheiros et al (2014) a compostagem além de ser uma técnica simples e de baixo custo, promove a influência por fatores de ações que afetam a atividade microbólica nos resultados com a “qualidade final dos compostos, como umidade, oxigenação, temperatura, granulometria do material, concentração de nutrientes e relação C/N.” (MALHEIROS et al., 2014, p.3).

“No Brasil, todavia, esse tipo de reciclagem ocorre em apenas 4% da fração orgânica gerada, sendo que mais de 60% da massa total dos resíduos gerados pela população são classificados como resíduos orgânicos.” (PIRES e FERRÃO, 2017, p.1).

Entende-se principalmente que o vigor da compostagem por ser uma técnica muito antiga, entende-se principalmente sua real importância no atual cenário, visando assim que os resíduos orgânicos tenham um descarte, reciclagem que não seja consequências para o ser humano, na saúde, nas áreas industriais bem como no âmbito da natureza.

É a alternativa que melhor se encaixa no quesito de reciclagem de resíduos sólidos e prezando sempre pela sustentabilidade, assunto impactante e necessário nos dias atuais, por causa das notícias

que circundam a respeito. Pensando no melhor aproveitamento de seus benefícios, os fatores que estão interligados a compostagem são fundamentais ao resultado final para que seja oportuno (WOJAHN, 2016).

Um dos fatores que preocupam no Brasil sobre os resíduos está ligado “A destinação ambientalmente adequada dos resíduos orgânicos é a sua disposição em aterro sanitário,¹ ou a sua reciclagem por meio da compostagem, sendo esta destinação prioritária.” (PIRES e FERRÃO, 2017, p.3).

Em outras palavras, o aterro sanitário é um dos locais que são responsabilidades dos órgãos municipais, e devido ao elevado índice de contaminação, que podem favorecer tipos de doenças, infecções esses resíduos devem ser separados dos chamados lixos hospitalares, contudo, o aterro acaba gerando impactos no meio ambiente, pois com o tempo como explica Pires, Ferrão (2017) que com a exposição ao ar livre e devido ao tipo climático, esses resíduos soltam gases e podem residir na contribuição da poluição química e física, já que milhares de micro-organismos ficam mais forte tornando-se vulneráveis devido a exposição climática.

No entanto, a compostagem no Brasil pode ser explicitada assim:

Quanto à geração de resíduos no país, mais da metade são orgânicos (de origem animal ou vegetal, por exemplo, resto de alimentos, folhas de árvores, vísceras de aves entre outros) e deste montante somente 4% é reciclado por usinas de compostagem, sendo a maioria delas localizadas na região sul e sudeste. Por este equivalente é possível inferir que dos 62 milhões de toneladas de resíduos gerados pelos brasileiros em 2011, aproximadamente, 37 milhões de toneladas corresponderam aos resíduos orgânicos e que apenas 1,5 milhão de tonelada foi reciclado. Além disso, a coleta seletiva praticada no Brasil não enfatiza a separação prévia da fração orgânica dos resíduos. Isto, porque a compostagem destes resíduos é a alternativa que permite os maiores benefícios ambientais, pois, possibilita a ciclagem de nutrientes, pode melhorar as condições físicas, químicas e biológicas do solo e implicam na redução das necessidades de se explorar fontes de matéria-prima para a produção de fertilizantes orgânicos (PIRES, FERRÃO, 2017, p.3).

É através deles que se tem uma base da elaboração do composto, manejando da maneira que melhor se adequa dentre os níveis considerados ideais.

Diante disso, explicações de Malheiros et al. (2014) salientam que os resíduos de todos os tipos são preocupantes, uma vez que as políticas ambientais para as empresas mantêm em regra básica, o descarte com segurança, em lugares de confiabilidade que não possam afetar pessoas, meio ambiente e principalmente a saúde em geral.

O aproveitamento dos resíduos industriais, residenciais, químicos e físicos é um fator relevante, tanto para o meio ambiente, quanto para os empreendimentos que comercializam esses resíduos, pois

¹ O aterro sanitário, ao contrário dos lixões e do aterro controlado, deve ser construído de acordo com técnicas definidas, como a impermeabilização do solo para que o chorume não contamine o lençol freático, o sistema de drenagem do chorume e a drenagem de gases, principalmente, o gás carbônico, o gás metano e o gás sulfidrício com objetivo do terreno não ficar sujeito a explosões e deslizamentos (CETESB, 2016).

os passivos ambientais originados são de acentuada dureza, devido à abundância e determinadas substâncias presentes.

Nesse sentido, o panorama de mercado com tantas modificações e com as novidades tecnológicas que o homem busca para dar maior manutenção as suas ideias, exibida nos últimos anos a grande preocupação com o que sobre de materiais não utilizados e descartados, pois as reflexões apontam que não é somente produzir bens materiais, mas resguardar o meio com uma política ambiental sob as diretrizes e legislações vigentes (SILVA, 2012).

Desde a mais remota época da pré-história o homem tem conseguido realizar várias atividades na busca de sua sobrevivência, passando por grandes mudanças, e isso de certa forma foi gerando problemas e impactos na natureza e nas questões políticas, econômicas e sociais pelo mundo.

Sob o discorrer de Silva (2007, p. 14) entende-se que:

Quando esses depósitos ficam muito volumosos, tornam-se, por si mesmos, instáveis e sujeitos a escorregamentos localizados. No período de chuvas, devem ser removidos e transportados continuamente até as regiões mais baixas e, em muitos casos, para cursos de água. A repetição contínua do processo provoca o transporte considerável desse material, ocasionando gradativamente o assoreamento dos cursos de água. Além do volume provindo do material estéril, devem ser consideradas as quantidades advindas da área das próprias jazidas e o material produzido pela decomposição das rochas e erosão do solo.

A grande preocupação com os resíduos está ligada ao meio ambiente, que caminha a passos lentos no Brasil, ao contrário dos países desenvolvidos, que recebe prioridade especial. As deficiências em tantas áreas anteparam que sejam agregadas tecnologias/investimentos na área ambiental, dessa forma atrasados, prosseguimos poluindo.

Assim sendo, o aproveitamento desses resíduos de materiais orgânicos precisam tanto do gerenciamento e estratégias que são medidas de segurança adotadas pelas empresas seguindo assim as legislações ambientais, nos quais tem sido uma das grandes preocupações com a sustentabilidade, a problemas ambientais causados por restos de resíduos que podem poluir a água, terra e o ar, em resposta (PIRES e FERRÃO, 2017).

A compostagem no Brasil com o cenário agrícola por ser uma área com propostas e viabilidades precisa se adequar principalmente porque o meio ambiente é peça principal do negócio da companhia e deve ter a mesma importância que os demais objetivos comerciais (WOJAHN, 2016).

Nesse sentido, é importante discorrer que é:

Portanto, de maneira geral, observa-se que a compostagem dos resíduos orgânicos é atrativa, pois as desvantagens associadas a ela podem ser trabalhadas e sanadas por meio de segregação, acondicionamento e manejo correto destes resíduos para o eficiente desempenho do processo operacional da compostagem. Atualmente, o Brasil possui 260 usinas de compostagem as quais são responsáveis pela compostagem de 4% dos resíduos orgânicos gerados no país no território brasileiro, pode-se constatar a heterogeneidade com que ocorre, uma vez que 90% do montante total das usinas de compostagem existentes estão concentradas nas regiões sul e sudeste. Esta desigualdade segue a mesma tendência constatada pelo IDH (Índice de Desenvolvimento Humano o qual é baseado em indicadores referentes à saúde, educação e

renda) para as unidades da federação brasileira, no qual constatou que os piores índices situavam-se na região norte e nordeste (PIRES, FERRÃO, 2017, p.7).

Tal reflexão pode ser observada na tabela descrita nesse estudo, figura 1.

Figura 1 – Regiões brasileiras com serviços de limpeza urbana e/ou coleta de lixo, por unidades de destinação final do lixo coletado – 2000.

Região	Vazadouro à céu aberto (lixão)	Vazadouro em áreas alagadas	Aterro Controlado	Aterro Sanitário	Aterro de Resíduos Especiais	Usina de Compostagem	Usina de Reciclagem	Incineração
Norte	848	8	44	32	10	1	-	4
Nordeste	2.538	7	169	134	69	19	28	7
Centro-oeste	406	1	132	125	29	6	19	3
Sudeste	1.713	36	785	683	483	117	198	210
Sul	848	11	738	478	219	117	351	101
Brasil	5.993	63	1.868	1.452	810	260	596	325

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2000.

Em considerações da literatura a compostagem no Brasil tem passado por modificações em suas políticas e diretrizes nos quais não se pode restringir ao seu processamento, mas ao gerenciamento, ao tipo de logística com transportes, seguranças, embalagens, reciclagem, e o principal seu descarte em ambiente seguro e confiável.

Portanto, o correto na compostagem precisa da contribuição direta do gerenciamento ambiental e deve-se ao tratamento e descarte de resíduos orgânicos perigosos que possam impactar o ambiente e a saúde do dos indivíduos, ou seja, tornam-se uma importante diretriz no que se menciona à responsabilidade ambiental de uma empresa, e a proposta interligada a técnicas quão aos métodos deve-se manter estratégias sobre o gerenciamento de resíduos, com o compromisso de conscientizar a comunidade interna, e esboçar parâmetros para definições de rotinas seguras refletindo em tornar mínima a consequência de um acidente com o transporte, formas de embalar estes resíduos com produtos para não incidir em riscos.

5 FATORES QUE INTERFEREM NA COMPOSTAGEM

Os fatores que estão relacionados com a compostagem e interferem de alguma forma são os microrganismos, a aeração, a umidade, a temperatura, a relação C/N, o pH, a granulometria e a dimensão das leiras. Para a realização correta da compostagem é estritamente necessário atentar-se a esses fatores, pois de alguma maneira ou de outra influenciam no resultado final do que será obtido.

Refletindo no melhor aproveitamento de seus benefícios, os fatores que estão interligados a compostagem são fundamentais ao resultado final para que estejam nos parâmetros ideais.

5.1 MICRORGANISMOS

A modificação da matéria orgânica é consequente da ação combinada da macrofauna e mesofauna (minhocas, formigas, besouros e ácaros) e de diferentes microrganismos (bactérias, leveduras, actinomicetos) presentes em diferentes fases da compostagem (OLIVEIRA et al., 2008).

O processo de compostagem é sinalizado por uma ininterrupta mudança das espécies de microrganismos envolvidos, em razão das modificações que se tem com as condições do meio, em que seria bem pouco provável notar todos os presentes (MILLER, 1992).

Conforme Silva et al. (2003), é possível encontrar uma vasta diversidade de microrganismos aeróbios mesofílicos e termofílicos envolvidos no processo de compostagem, sendo esses citados detectados normalmente nos restos orgânicos, englobados pelos grupos das bactérias, actinomicetos, leveduras e fungos. O emprego de microrganismos benéficos na formação da compostagem pode render maior concentração de nutrientes e falta de odor ao composto final, o que institui ao processo ser satisfatório e acelerado (VICENTINI et al., 2009).

Os microrganismos executam a decomposição da matéria orgânica, retêm carbono e nitrogênio, sendo o tempo suficiente para que ocorra a decomposição e a mineralização, encabeçados pela relação dos dois nutrientes, carbono e nitrogênio, da matéria-prima (KIEHL, 1985). Smith e Paul (1990) salientam que a compreensão dos processos microbianos é importante para o conhecimento da ciclagem de nutrientes e da dinâmica da matéria orgânica.

No trabalho realizado por Vicentini et al. (2009), por intermédio de experimentos com microrganismos eficientes (EM) e sem esses microrganismos eficientes, mostrou que com o acréscimo desses no tratamento na hora de preparar a pilha de compostagem, transpareceu reduzir o tempo de preparo do composto e inclusive cooperando para a reprodução de minhocas.

5.2 AERAÇÃO

É o fator de maior importância para o processo de decomposição da matéria orgânica (PEIXOTO, 1988). No exercício da compostagem, também se coloca como a mais substancial, da qual

quanto mais úmidas tiverem a matérias-primas mais imperfeições na oxigenação, indicando que providências devam ser tomadas para diminuir a umidade (OLIVEIRA et al., 2008).

Consiste em uma forma aeróbica ou anaeróbica de realização. Se considerar grande quantidade, a aeração é imprescindível e tem como propósito fornecer a demanda de oxigênio dos microrganismos e operar no controle da temperatura e odores. Pode manifestar-se de forma natural, através de reviramento ou de maneira mecânica, que seria por injeção de ar (DAZZI et al., 2018).

A contribuição aferida pelo oxigênio melhora o estado do processo, impedindo mau cheiro, aproximação de vetores e acarreta na oxidação mais veloz da matéria orgânica (MASSUKADO, 2008).

Na execução da forma aeróbica, diz respeito à decomposição de substratos orgânicos com a aparição do oxigênio, no qual os principais produtos obtidos do metabolismo biológico são CO₂, H₂O e energia. A forma adversa é a anaeróbica, ou seja, a que está isenta do oxigênio, resultando em produção de CH₄ e CO₂. Além disto, entram produtos intermediários, tais quais ácidos orgânicos de baixo peso molecular (KIEHL, 2004).

De modo geral, é viável que a aeração seja aeróbia, haja visto que os microrganismos necessitam de oxigênio para o seu metabolismo. A conservação de oxigênio em níveis apropriados no interior da pilha tem também como função a extração da abundância de calor produzido, do vapor de água e de casuais gases produzidos pela degradação da matéria orgânica. A carência de oxigênio dentro da pilha induz o processo ao anaeróbio, que regularmente leva a acidificação do material, e o produto terminado será de pouca qualidade. A aeração também facilita a preservação da temperatura, impedindo odores e a proliferação de moscas, além de reduzir o tempo de compostagem, contrastado ao anaeróbio, que é até dez vezes mais prolongadas (HERBETS e MILETTI, 2005).

Richard et al. (2002) declaram que a partir de 10% ou mais as concentrações de oxigênio estão dentro do padrão ótimo para manutenção da compostagem em condições de aerobiose.

No entanto, a aeração tem de ser muito bem monitorada, uma vez que um abastecimento excessivo de ar pode originar perda de calor mais intensa que a produção de calor microbiano (LAU et al., 1992).

Azevedo (1997) registrou o requerimento ótimo no que concerne ao oxigênio em uma pilha de compostagem. O panorama anotado diz que a concentração deve estar entre 5 a 15% de oxigênio, considerando-se parâmetro ideal, onde 5% já entram como limite mínimo para que não se transforme em processo anaeróbio.

5.3 UMIDADE

A água é essencial aos microrganismos para que suas atividades metabólicas sejam feitas. A umidade deve-se predispor o transporte de nutrientes, sem adulterar as trocas gasosas e as condições aeróbias (VIEIRA, 2016). A faixa de umidade considerada perfeita, com o pico de decomposição

principalmente no período inicial está entre 40 e 60%, pois é viável um suprimento de água para prover um crescimento dos organismos biológicos e as reações bioquímicas ocorram da forma mais correta (MERCKEL, 1981).

Reis et al. (2004) reafirma a tese colocada por Merckel, ao acrescentar que valores abaixo de 40% restringem a agilidade da degradação, visto que não é abastecida a quantia de água precisa as atividades microbianas.

Outro ponto exposto por ele é que valores acima de 60% concedem o desenvolvimento de condições anaeróbias, formação de lixiviados e mau cheiro, além das perdas de nutrientes. Para Rodrigues et al. (2006), citam o parâmetro perfeito ideal com diferença ainda menor, com valores entre 50 e 60%.

A abundância de umidade diminui a penetração de oxigênio na leira, dado que a matéria orgânica decomposta é hidrófila e as moléculas de água se juntam vigorosamente a superfície das partículas, saturando os seus microporos e macroporos (ECOCHEM, 2004).

A umidade intromete-se indiretamente na temperatura do processo de compostagem, que é uma inferência da atividade metabólica dos microrganismos, ocorrida na fase aquosa (VALENTE et al., 2009).

Segundo Margesin et al. (2006) estudaram a atividade biológica ao longo da compostagem de lodo de esgoto e averiguaram que a diminuição do teor de umidade atrapalhou a atividade metabólica dos microrganismos, incumbindo de forma direta na temperatura.

A umidade ideal deve ser manejada em cima da capacidade ideal de aeração da massa da compostagem, quer dizer, deve-se examinar características físicas como a porosidade e estrutura do material, sempre buscando preencher a demanda microbiológica por oxigênio (PEREIRA NETO, 1998).

A umidade tem por isso, juntamente com os outros fatores relacionados, efeito direto perante o desenvolvimento de microrganismos e indireto sobre a temperatura do processo de compostagem, sendo que a considerada excelente muda com o material a ser compostado e com o material celulósico usado (VALENTE et al., 2009).

Conforme Peixoto (1988), a eficácia da compostagem liga-se na interdependência e inter-relacionamento desses fatores.

5.4 TEMPERATURA

A temperatura é uma parte que influencia tanto na natureza específica dos microrganismos quanto ao tempo de decomposição (KUMAR et al., 2009).

A quantidade média que se trabalha com ela é de 55°C. Os microrganismos mais presentes são os aeróbios e os facultativos, esses que se concentram entre as temperaturas de 20 a 45°C, os mesófilos,

e os de 45 a 65°C, os termófilos. Esses citados anteriormente liberam energia na forma de calor, subindo ainda mais a temperatura da compostagem (DAZZI, 2018).

Segundo Da Silva (2007), o controle térmico tem sua relevância, uma vez que é usado para averiguar em qual estágio está o andamento do processo. Outro ponto a ser ressaltado dessa afirmação é a dita pelos autores Gajalakshmi e Abbasi (2008), a de que é um fator considerável inerente a eliminação de microrganismos patogênicos.

Conforme Kiehl (1998), no processo de compostagem, a atividade microbiológica alcança alta intensidade, ocorrendo a elevação da temperatura no interior das leiras, com valores que almejam 65°C ou até valores bem acima, em função da geração de calor pelo metabolismo microbiológico de oxidação da matéria orgânica que é exotérmico.

Para melhor entendimento do funcionamento como é a temperatura de acordo com as possíveis alternâncias, Trautmann e Olynciw (2005) elencaram em quatro significativas fases.

1^a – Fase mesofílica: é tida como a que prepondera às temperaturas moderadas, até perto de 40°C. Tem duração média de dois a cinco dias.

2^a – Fase termofílica: quando o material aproxima de sua temperatura máxima (> 40°C) e é deteriorado mais depressa. Não tem uma exatidão na sua duração, pois pode ser vários dias a vários meses, de acordo com os atributos do que está sendo compostado.

3^a – Fase de resfriamento: é sinalizada pela caída da temperatura para valores de temperatura ambiente.

4^a – Fase da maturação: é o período de consolidação que produz um composto maturado, altamente estável e humificado, isento de toxidez.

Para constatação dessas fases, basta penetrar uma barras de ferro (vergalhões) até o fundo das pilhas, no decurso do processamento da compostagem. As barras deverão ser removidas para apuração da temperatura a cada dois ou três dias até o primeiro revolvimento, passando a uma vez por semana até o término do processo (DAZZI, 2018).

A averiguação da temperatura deve ser realizada apalpando-se com a palma da mão a parte da barra de ferro que estava inserida nos materiais em compostagem, podendo acontecer de três formas: a primeira a barra de ferro estar aquecida, porém com contato tolerável, evidenciando que o processo ocorre naturalmente. A segunda é a barra de ferro estar muito aquecida a ponto de impossibilidade ao toque, intolerável, onde nesse caso a temperatura está em demasia e o material deve ser revolvido se estiver muito úmido, ou umedecido na situação de seca. A terceira é a barra de ferro estar morna ou fria, devendo então considerar o tempo de ocorrência do processo, ou seja, caso ainda não tenha sido feito o primeiro revolvimento, possivelmente está faltando umidade na pilha ou ela não foi arquitetada com as dimensões corretas. Se porventura o processo já esteja em andamento há mais de sete semanas, com dois ou mais revolvimentos, a baixa temperatura indica que a decomposição está sólida, logo, o composto está finalizado (OLIVEIRA et al., 2008).

O composto acabado, além do fato de ter temperatura idêntica a ambiente, manifesta-se quebradiço quando seco modelável quando úmido, não atrai moscas e não tem cheiro detestável (OLIVEIRA et al., 2008).

Nesse sentido, alguns dos fatores aqui direcionados a compostagem, o aproveitamento seja por reciclagem ou tipos diferenciados de materiais orgânicos dos resíduos devem ser tratados como um dos fatores relevantes, tanto para o meio ambiente, quanto para os empreendimentos que comercializam esses resíduos, pois os passivos ambientais originados são de acentuada dureza, devido à abundância e determinadas substâncias de micro-organismos presentes.

5.5 RELAÇÃO C/N

Para realização da compostagem, é necessário a participação de alguns macronutrientes e micronutrientes, sendo dessa forma então possível acontecer as atividades metabólicas. Os mais destacados são o carbono e o nitrogênio, sendo o carbono fonte de energia e unidade estrutural básica das moléculas orgânicas que estimulam o crescimento microbiano e o nitrogênio vital na síntese proteica tais como proteínas, ácidos nucleicos, aminoácidos, enzimas e coenzimas (BATISTA e BATISTA, 2007). A relação C/N é uma listagem usada para avaliar os níveis de maturação de substâncias orgânicas e seus resultados no crescimento microbiológico, em razão a atividade dos microrganismos heterotróficos, abrangidos no processo, depende tanto do conteúdo de carbono para fonte de energia, quanto de nitrogênio para síntese de proteínas (SHARMA et al., 1997). A efetividade de um processo de compostagem é diretamente proporcional a efetividade com que os microrganismos conseguem adquirir e metabolizar os nutrientes (HERBETS e MILETTI, 2005).

Segundo Silva et al. (2003), os microrganismos precisam preferencialmente de carbono (é dado como fonte de energia para a oxidação metabólica) e nitrogênio (útil na síntese de aminoácidos, proteínas, enzimas) para então crescer. Análises químicas assentaram que os microrganismos contêm, em média, 50% de carbono, 5% de nitrogênio e 1% de fósforo (AZEVEDO, 1997). Quando essa relação se encontra em condições aeróbias, um pedaço do carbono é liberado em CO₂ e o que sobra é utilizado com nitrogênio no decorrer do processo microbiano, sendo que para esse gás a fase termofílica é a mais acentuada em relação a compostagem (BATISTA e BATISTA, 2007).

Ao longo do processo, o consumo de carbono realizado pelos microrganismos é de 15 a 30 vezes mais em comparação ao nitrogênio (KIEHL, 2004). Seu início se dá na relação 30:1, extenuando ao longo do tempo, podendo finalizar entre 10:1 a 15:1 (KUMAR et al., 2009). A relação C/N deriva da dosagem dos materiais incorporados nas composteiras. Usualmente, resíduos palhosos, a exemplos dos vegetais secos, são fonte de carbono, enquanto que excrementos, legumes e frutas secas são mais enriquecidos de nitrogênio. Materiais com relação C/N elevada, a base de madeira, concedem estrutura ao volume de resíduos e são regularmente utilizados. Relações menores a 30/1 possuem excedente de

nitrogênio. Dessa maneira, há necessidade de materiais que contenham carbono para balancear o processo (INÁCIO e MILLER, 2009).

As relações que podem ocorrer, segundo Kiehl (2004), são as seguintes: abaixo de 10:1 pode indicar perda de nitrogênio por volatilização na forma de NH₃ e começo de odor. Entre 25:1 e 30:1 são os indícios do mais perfeito possível, melhor condição. Entre 30:1 e 50:1 significa que pode ser mais acelerada. Acima de 50:1 ocasiona deficiência de nitrogênio e tempo de maturação estendido.

5.6 pH

Os elementares materiais de origem orgânica, usados como matéria-prima na compostagem, são naturalmente de origem ácida. Dessa forma, comumente, uma leira com matéria orgânica tem reação primordial ácida (VALENTE et al., 2009). O pH é um parâmetro significante, pois é ele quem condiciona a evolução dos microrganismos. Todavia não é um fator limitante ao desfecho positivo do processo, ao que se pode perceber, microrganismos conseguem evoluir em diferentes faixas de pH (HERBETS e MILETTI, 2005).

É dele que se extrai informações as quais indicam qual o estado de decomposição do composto, onde o resultante final dever-se-á alcalino (COSTA, 2005). Valores muito altos ou baixos podem prejudicar a atividade microbiana, inviabilizando ou travando a decomposição (ANDREOLI, 2002). A faixa de pH julgada como ótima ao desenvolvimento dos microrganismos incumbidos pela compostagem coloca-se entre 5,5 e 8,5, posto que a grande parte das enzimas estão ativas nesta (RODRIGUES et al., 2006). No entanto, para o desenvolvimento de fungos, o pH adequado é de 5,0 (SILVA et al., 2003).

O pH dos resíduos orgânicos no começo do processo usualmente fica na faixa de 5,0 a 6,0, sendo nos primeiros dias possivelmente uma leve queda, por causa da produção de ácidos orgânicos. Todavia, em poucos dias, em razão da decomposição de proteínas solúveis, o pH passa a ficar na faixa neutra até suavemente básica, que vai de 7,0 a 8,5 (BAETA-HALL et al., 2003). Todavia deve-se verificar o pH primário da pilha antes de iniciar o processo da compostagem, porque valores altíssimos (superando 8,0) podem acarretar na perda de nitrogênio pela formação da amônia. O progresso do processo anaerobicamente pode ser percebido mediante a leitura do pH, que geralmente deverá estar na faixa de 4 a 5 (AZEVEDO, 1997).

Valores baixos de pH são indícios de que há falta de maturação em consequência a curta duração do processo ou ao acontecimento de processos anaeróbios no interior da pilha de compostagem. Conforme os fungos e bactérias digerem a matéria orgânica soltam-se ácidos que se acumulam e acidificam o meio. Essa queda do pH estimula o crescimento de fungos e a decomposição de celulose e lenhina. Adiante estes ácidos são deteriorados até a completa oxidação. Porém, caso haja escassez de oxigênio o pH poderá conter valores até menores que 4,5 e limitar a atividade microbiana,

atrasando, então, o processo de compostagem. Nestas situações recomenda-se remexer para que o pH retome a subida (OLIVEIRA et al., 2008).

5.7 GRANULOMETRIA

A granulometria é o fator que sustenta a aeração e limita o tempo de oxidação, intervindo diretamente na aeração (DAZZI, 2018). Em função disso, Da Silva (2007) implica que partículas maiores são as que concedem excelente aeração, ao mesmo tempo que as menores ou muito finas são o caso oposto, dificultam-na. Rodrigues et al. (2006) argumentam que elementos com granulação muito fina originam poucos espaços porosos, intrincando a difusão de oxigênio no interior da leira, prevalecendo assim o surgimento de condições anaeróbias. Essas condições, Kiehl (2004) coloca que acontece em virtude da presença de maior quantidade de microporos, acarretando em compactação e aumento da densidade do substrato compostado. O tamanho das partículas também desempenha enorme influência no período de compostagem, tendo em conta que, quanto mais fragmentado for o material destinado ao composto, mais depressa será a decomposição, porque maior será a superfície de contato (interação) entre microrganismos e nutrientes (TEIXEIRA et al., 2002).

Entretanto o material não tem que ser com dimensões inferiores a um estabelecido limite, pois podem suceder compactação da pilha e aparição de pontos da anaerobiose. Tratando-se de compostagem de lixo urbano, sugere-se o tamanho ideal na faixa de 20 a 50 mm (HERBETS e MILETTI, 2005). Já segundo Silva et al. (2003), propõe uma diferente concepção, de 25 a 70 mm.

Em um teste feito por Hamoda et al. (1998) testaram 5 tamanhos de partículas, sendo essas nos valores de 5, 10, 20, 30 e 40 mm, onde avaliaram o efeito de cada um no processo. Separaram em dois grupos, A e B, contendo no primeiro os três primeiros tamanhos (5, 10 e 20) e no segundo os três últimos (20, 30 e 40). No que continha partículas de menores dimensões, a pilha que foi elaborada com material de 5 mm foi a que manifestou maior velocidade de decomposição de carbono orgânico total. Em contrapartida, as partículas de maiores dimensões em milímetros alcançaram a maior velocidade de decomposição. Na realização desse teste, chegou a conclusão de que a estatura da partícula não deve ser muito pequena em função da compactação da pilha e nem muito grande, pois alastraria ainda mais o tempo do processo.

5.8 DIMENSÃO DAS LEIRAS

Uma leira de compostagem recomenda-se ter o tamanho bastante para interromper a vertiginosa dissipação de calor e umidade e, simultaneamente, permitir boa circulação de ar (RODRIGUES et al., 2006). A altura do material para dimensionamento de leira deve estar entre 1,5 m e 1,8 m (KIEHL, 2004). Todavia, Nunes (2003) apurou que em leiras com dimensões de 2,60 m de comprimento, 2,00 m de largura e 1,00 m de altura, as temperaturas asseguraram-se entre 40°C e 55°C por um extenso

período, sendo anotadas elevações médias de 10°C, prontamente após a incorporação de dejetos aos substratos maravalha e serragem.

Costa et al. (2006), em experimento com intuito de avaliar a compostagem de carcaça de aves em células com e sem aeração, na qual essas células foram completadas até 1,80 m de altura, olharam que as temperaturas permaneceram entre 40°C e 70°C, para os dois sistemas avaliados. Em contrapartida, Valente (2008) avaliou a compostagem de carcaças de fêmeas de frangos de corte e de cortes nobres de fêmeas de frangos de corte, operando cama de aviário como material celulósico. Posteriormente a realização da primeira fase da compostagem, foram elaboradas leiras de 1,60 m de largura, 1,00 m de altura e 3,00 m de comprimento, onde os revolvimentos foram exercidos a cada 18 dias, da mesma maneira que a adição de água à massa em compostagem.

Em seu trabalho, ele aferiu que a temperatura variou de 40°C a 70°C, aumentando logo no mesmo instante após cada ação de revolvimento e diminuindo adiante, assim auferido a diminuição do teor de umidade dentro das leiras. Assim dessa maneira, em razão do material a ser compostado, a altura das leiras deve ser definida. Porém uma altura mínima de 0,80 m deve ser seguida, onde abaixo dela não há condições compatíveis para a formação e conservação da temperatura (VALENTE et al., 2009).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados foram abordados pela convergência das principais ideias sobre a compostagem que se interliga aos materiais orgânicos, reciclagem desses resíduos por meio da técnica que tem sido eficaz no seu processamento.

Nesse sentido, o panorama de mercado com tantas modificações e com as novidades tecnológicas que o homem busca para dar maior manutenção as suas ideias, exibida nos últimos anos a grande preocupação dos resíduos e como a compostagem é uma técnica de custo baixo, tem se destacado no meio agrícola para minimizar os riscos e promover a reciclagem dos materiais orgânicos.

Diante disso, a importância se dividiu para realização da compostagem, é necessário a participação de alguns macronutrientes e micronutrientes, sendo dessa forma então possível acontecer as atividades metabólicas. Os mais destacados são o carbono e o nitrogênio, sendo o carbono fonte de energia e unidade estrutural básica das moléculas orgânicas que estimulam o crescimento microbiano e o nitrogênio vital na síntese proteica tais como proteínas, ácidos nucleicos, aminoácidos, enzimas e coenzimas (BATISTA e BATISTA, 2007).

A relação C/N é uma listagem usada para avaliar os níveis de maturação de substâncias orgânicas e seus resultados no crescimento microbológico, em razão a atividade dos microrganismos heterotróficos, abrangidos no processo, depende tanto do conteúdo de carbono para fonte de energia, quanto de nitrogênio para síntese de proteínas (SHARMA et al., 1997).

A efetividade de um processo de compostagem é diretamente proporcional a efetividade com que os microrganismos conseguem adquirir e metabolizar os nutrientes (HERBETS e MILETTI, 2005).

Segundo Silva et al. (2003), os microrganismos precisam preferencialmente de carbono (é dado como fonte de energia para a oxidação metabólica) e nitrogênio (útil na síntese de aminoácidos, proteínas, enzimas) para então crescer. Análises químicas assentaram que os microrganismos contêm, em média, 50% de carbono, 5% de nitrogênio e 1% de fósforo (AZEVEDO, 1997).

Quando essa relação se encontra em condições aeróbias, um pedaço do carbono é liberado em CO₂ e o que sobra é utilizado com nitrogênio no decorrer do processo microbiano, sendo que para esse gás a fase termofílica é a mais acentuada em relação a compostagem (BATISTA e BATISTA, 2007).

Ao longo do processo, o consumo de carbono realizado pelos microrganismos é de 15 a 30 vezes mais em comparação ao nitrogênio (KIEHL, 2004). Seu início se dá na relação 30:1, extenuando ao longo do tempo, podendo finalizar entre 10:1 a 15:1 (KUMAR et al., 2009).

A relação C/N deriva da dosagem dos materiais incorporados nas composteiras. Usualmente, resíduos palhosos, a exemplos dos vegetais secos, são fonte de carbono, enquanto que excrementos, legumes e frutas secas são mais enriquecidos de nitrogênio. Materiais com relação C/N elevada, a base de madeira, concedem estrutura ao volume de resíduos e são regularmente utilizados. Relações menores a 30/1 possuem excedente de nitrogênio. Dessa maneira, há necessidade de materiais que contenham carbono para balancear o processo (INÁCIO e MILLER, 2009).

As relações que podem ocorrer, segundo Kiehl (2004), são as seguintes: abaixo de 10:1 pode indicar perda de nitrogênio por volatilização na forma de NH₃ e começo de odor. Entre 25:1 e 30:1 são os indícios do mais perfeito possível, melhor condição. Entre 30:1 e 50:1 significa que pode ser mais acelerada. Acima de 50:1 ocasiona deficiência de nitrogênio e tempo de maturação estendido.

No entanto, na abordagem outro importante resultados se mencionam aos elementares materiais de origem orgânica, usados como matéria-prima na compostagem, são naturalmente de origem ácida. Dessa forma, comumente, uma leira com matéria orgânica tem reação primordial ácida (VALENTE et al., 2009).

Nesse sentido, na literatura a influência do pH é um parâmetro significante, pois é ele quem condiciona a evolução dos microrganismos. Todavia não é um fator limitante ao desfecho positivo do processo, ao que se pode perceber, microrganismos conseguem evoluir em diferentes faixas de pH (HERBETS e MILETTI, 2005). É dele que se extraí informações as quais indicam qual o estado de decomposição do composto, onde o resultante final dever-se-á alcalino (COSTA, 2005). Valores muito altos ou baixos podem prejudicar a atividade microbiana, inviabilizando ou travando a decomposição (ANDREOLI, 2002).

A faixa de pH julgada como ótima ao desenvolvimento dos microrganismos incumbidos pela compostagem coloca-se entre 5,5 e 8,5, posto que a grande parte das enzimas estão ativas nesta (RODRIGUES et al., 2006).

No entanto, para o desenvolvimento de fungos, o pH adequado é de 5,0 (SILVA et al., 2003).

O pH dos resíduos orgânicos no começo do processo usualmente fica na faixa de 5,0 a 6,0, sendo nos primeiros dias possivelmente uma ligeira queda, por causa da produção de ácidos orgânicos. Todavia, em poucos dias, em razão da decomposição de proteínas solúveis, o pH passa a ficar na faixa neutra até suavemente básica, que vai de 7,0 a 8,5 (BAETA-HALL et al., 2003).

Todavia deve-se verificar o pH primário da pilha antes de iniciar o processo da compostagem, porque valores altíssimos (superando 8,0) podem acarretar na perda de nitrogênio pela formação da amônia. O progresso do processo anaerobicamente pode ser percebido mediante a leitura do pH, que geralmente deverá estar na faixa de 4 a 5 (AZEVEDO, 1997).

Valores baixos de pH são indícios de que há falta de maturação em consequência a curta duração do processo ou ao acontecimento de processos anaeróbios no interior da pilha de compostagem. Conforme os fungos e bactérias digerem a matéria orgânica soltam-se ácidos que se acumulam e acidificam o meio. Essa caída do pH estimula o crescimento de fungos e a decomposição de celulose e lenhina. Adiante estes ácidos são deteriorados até a completa oxidação.

Porém, caso haja escassez de oxigênio o pH poderá conter valores até menores que 4,5 e limitar a atividade microbiana, atrasando, então, o processo de compostagem. Nestas situações recomenda-se remexer para que o pH retome a subida (OLIVEIRA et al., 2008).

E deste modo, sobre essas reflexões, o desenvolvimento de resultados, abordam que a granulometria é o fator que sustenta a aeração e limita o tempo de oxidação, intervindo diretamente na aeração (DAZZI, 2018). Em função disso, Da Silva (2007) implica que partículas maiores são as que concedem excelente aeração, ao mesmo tempo que as menores ou muito finas são o caso oposto, dificultam-na.

Rodrigues et al. (2006) argumentam que elementos com granulação muito fina originam poucos espaços porosos, intrincando a difusão de oxigênio no interior da leira, prevalecendo assim o surgimento de condições anaeróbias. Essas condições, Kiehl (2004) coloca que acontece em virtude da presença de maior quantidade de microporos, acarretando em compactação e aumento da densidade do substrato compostado.

O tamanho das partículas também desempenha enorme influência no período de compostagem, tendo em conta que, quanto mais fragmentado for o material destinado ao composto, mais depressa será a decomposição, porque maior será a superfície de contato (interação) entre microrganismos e nutrientes (TEIXEIRA et al., 2002).

Entretanto o material não tem que ser com dimensões inferiores a um estabelecido limite, pois podem suceder compactação da pilha e aparição de pontos da anaerobiose. Tratando-se de compostagem de lixo urbano, sugere-se o tamanho ideal na faixa de 20 a 50 mm (HERBETS e MILETTI, 2005). Já segundo Silva et al. (2003), propõe uma diferente concepção, de 25 a 70 mm.

Em um teste feito por Hamoda et al. (1998) testaram 5 tamanhos de partículas, sendo essas nos valores de 5, 10, 20, 30 e 40 mm, onde avaliaram o efeito de cada um no processo. Separaram em dois grupos, A e B, contendo no primeiro os três primeiros tamanhos (5, 10 e 20) e no segundo os três últimos (20, 30 e 40). No que continha partículas de menores dimensões, a pilha que foi elaborada com material de 5 mm foi a que manifestou maior velocidade de decomposição de carbono orgânico total. Em contrapartida, as partículas de maiores dimensões em milímetros alcançaram a maior velocidade de decomposição. Na realização desse teste, chegou à conclusão de que a estatura da partícula não deve ser muito pequena em função da compactação da pilha e nem muito grande, pois alastraria ainda mais o tempo do processo.

E por fim, para encerrar é preciso compreender que Uma leira de compostagem recomenda-se ter o tamanho bastante para interromper a vertiginosa dissipação de calor e umidade e, simultaneamente, permitir boa circulação de ar (RODRIGUES et al., 2006). A altura do material para dimensionamento de leira deve estar entre 1,5 m e 1,8 m (KIEHL, 2004).

Todavia, Nunes (2003) apurou que em leiras com dimensões de 2,60 m de comprimento, 2,00 m de largura e 1,00 m de altura, as temperaturas asseguraram-se entre 40°C e 55°C por um extenso período, sendo anotadas elevações médias de 10°C, prontamente após a incorporação de dejetos aos substratos maravalha e serragem.

Costa et al. (2006), em experimento com intuito de avaliar a compostagem de carcaça de aves em células com e sem aeração, na qual essas células foram completadas até 1,80 m de altura, olharam que as temperaturas permaneceram entre 40°C e 70°C, para os dois sistemas avaliados.

Em contrapartida, Valente (2008) avaliou a compostagem de carcaças de fêmeas de frangos de corte e de cortes nobres de fêmeas de frangos de corte, operando cama de aviário como material celulósico. Posteriormente a realização da primeira fase da compostagem, foram elaboradas leiras de 1,60 m de largura, 1,00 m de altura e 3,00 m de comprimento, onde os revolvimentos foram exercidos a cada 18 dias, da mesma maneira que a adição de água à massa em compostagem.

Em seu trabalho, ele aferiu que a temperatura variou de 40°C a 70°C, aumentando logo no mesmo instante após cada ação de revolvimento e diminuindo adiante, assim auferido a diminuição do teor de umidade dentro das leiras.

Assim dessa maneira, em razão do material a ser compostado, a altura das leiras deve ser definida. Porém uma altura mínima de 0,80 m deve ser seguida, onde abaixo dela não há condições compatíveis para a formação e conservação da temperatura (VALENTE et al., 2009).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para se chegar à conclusão, foram analisados os artigos utilizados nesse estudo, nos quais as convergências de ideias apresentadas mostraram que deve haver meios que assegurem o armazenamento desses resíduos de materiais orgânicos para serem descartados ou reciclados.

A técnica da compostagem, por ser de baixo custo, em congruência com importantes estudos, mesmo sendo ainda uma técnica muito antiga, continua sendo a melhor solução para o processamento com segurança e confiabilidade dos resíduos de materiais orgânicos por causa de seus agentes os “microrganismos”.

Portanto, conclui-se que a maioria dos autores analisados considera que a compostagem de resíduos de materiais orgânicos propicia segurança e evita que o seu descarte impróprio ocasione graves problemas ambientais, sociais e econômicos, minimizando assim os impactos negativos. A finalidade deste trabalho foi mostrar o quanto importante é estar atento aos fatores que atuam no processo até atingir o seu equilíbrio, já que pode vir a ser uma questão inovadora e autêntica, além de incentivar as boas práticas agrícolas, relatando as suas vantagens aos que ainda desconhecem.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 375 de 29 de agosto de 2006. Define critérios e procedimentos, para uso agrícola de lodos de esgoto gerados em estações de tratamento de esgoto sanitário e seus produtos derivados, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, n. 167, 30 de agosto de 2006, p. 141-146.

CETESB. COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Aterro Sanitário. 2016. Disponível em: <<http://biogas.cetesb.sp.gov.br/aterro-sanitario/>>. Acesso em: 30 Set.2019.

DAZZI, J. G.; BRINGHENTI, J. R.; TEIXEIRA, R. A. Compostagem: fatores que a influenciam e a importância do processo em pequena escala para gestão de resíduos orgânicos nos centros urbanos. IFES. Espírito Santo. 2018.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Nacional de Saneamento Básico. 2000. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pnsb/lixo_coletado/lixo_coletado109.shtm>. Acesso em: 06 Out.2019.

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

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

MALHEIROS, Roberto; CAMPOS, Agostinho Carneiro; OLIVEIRA, Daniela Gislane de; SOUZA, Harley Anderson de. Utilização de resíduos orgânicos por meio da compostagem como metodologia de ensino de gestão e educação ambiental. V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Belo Horizonte/MG – 24 a 27/11/2014.

MASSUKADO, L. M. Desenvolvimento do processo de compostagem em umidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares. Tese (Doutorado em Ciências da engenharia ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos. 2008.

MILLER, F. C. Composting as a process based on the control of ecologically selective factors. In: MEETING, F.B. Soil Microb. Ecol., 18: 515-543p. 1992.

PEIXOTO, R. T. G. Compostagem: opção para o manejo orgânico do solo. IAPAR. Londrina. 46p. 1988.

PIRES, Isabela Cristina Gomes; FERRÃO, Gregori da Encarnação. Compostagem no Brasil sob a perspectiva da legislação ambiental. REVISTA TRÓPICA: Ciências Agrárias e Biológicas p.01-18, v.09, n.01, 2017. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/rt/v9n1/5685-19757-1-PB.pdf>>. Acesso em: 30 Set.2019.

RODRIGUES, Maria Lucia; LIMENA, Maria Margarida Cavalcanti (Orgs.). Metodologias multidimensionais em Ciências Humanas. Brasília: Líber Livros Editora, 2006. 175p.

RODRIGUES, Alexandre Couto; FRANÇA, Jacson Rodrigues; SILVEIRA, Rafael Borth da; SILVA, Rodrigo Ferreira da; ROS, Clovis Orlando Da; KEMERICH, Pedro Daniel da Cunha. Compostagem de resíduos orgânicos: eficiência do processo e Qualidade do composto. Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.22; p. 2015. Disponível

em:<<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2015c/agrarias/compostagem%20de%20residuos.pdf>>. Acesso em: 10 Out.2019.

SANTOS, V. D.; CANDELORO, R. J. Trabalhos Acadêmicos: Uma orientação para a pesquisa e normas técnicas. Porto Alegre/RS: AGE Ltda, 2006. 149 p.

SILVA, João Paulo Souza. Impactos ambientais causados por mineração. Revista Espaço da Sophia - nº 08 – novembro/2007 – mensal – ano I.

SILVA, V. F. Aproveitamento de rejeito aurífero para obtenção de subprodutos. Relatório de PIBIC, UGB. 2012.

VIEIRA, L. A. Compostagem de biossólido de estação de tratamento de efluentes de frigorífico com serragem e cama de aves. Dissertação (Mestrado em Ciência e tecnologia de alimentos) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas. 2016.

WOJAHN, Germano Tiago. Proposta de um modelo de compostagem coletiva Para um condomínio residencial em Lajeado – RS. Trabalho de Conclusão de Curso II, do Centro Universitário Univates. Lajeado, novembro de 2016. Disponível em:<<https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/1401/1/2016GermanoTiagoWojahn.pdf>>. Acesso em: 10 Out.2019.

PEIXOTO, R. T. dos G. Compostagem: opção para o manejo orgânico do solo. IAPAR. Londrina. 46p. 1988.

DAZZI, J. G.; BRINGHENTI, J. R.; TEIXEIRA, R. A. Compostagem: fatores que a influenciam e a importância do processo em pequena escala para gestão de resíduos orgânicos nos centros urbanos. IFES. Espírito Santo. 2018.

MASSUKADO, L. M. Desenvolvimento do processo de compostagem em umidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares. Tese (Doutorado em Ciências da engenharia ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. São Carlos. 2008.

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

VIEIRA, L. A. Compostagem de biossólido de estação de tratamento de efluentes de frigorífico com serragem e cama de aves. Dissertação (Mestrado em Ciência e tecnologia de alimentos) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas. 2016.

MILLER, F. C. Composting as a process base don the control of ecologically selective factors. In: MEETING, F.B. Soil Microb. Ecol., 18: 515-543p. 1992.

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

EPSTEIN, E. The Science of Composting. Pennsylvania: Technomic Publishing, p.493. 1997.

MERCKEL, A. J. Managing livestock wastes. Westport: Avi Publishing Company, 1981.

MILARÉ, É. Direito do ambiente: a gestão ambiental em foco. 5 ed. São Paulo. Revista dos Tribunais, 2007.

BLOG EXPEDIÇÃO E VIDA. 07 de março de 2014. Disponível em: <<http://expedicaovida.com.br/como-fazer-compostagem-em-casa>> Acesso em: 10 de março de 2019.

TRAUTMANN, N.; OLYNCIW, E. Compost Microorganisms. In: CORNELL Composting, Science & Engineering. 2005.

FERREIRA, A. G.; BORBA, S. N. S.; WIZNIEWSKY, J. G. A prática da compostagem para a adubação orgânica pelos agricultores familiares de Santa Rosa/RS. Revista Eletrônica do curso de Direito da UFSM. UFSM. Santa Maria. 1981.

PNUMA. Global waste management outlook. 2015. Disponível em: <<http://web.unep.org/ourplanet/september-2015/unep-publications/global-waste-management-outlook>> Acesso em: 15 de maio de 2019.

ZHU, N. Effect of low initial C/N ratio on aerobic composting of swine manure with rice. *Bioresource Technology*, v.98, n.1, p.9-13, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.12.003>.

OLIVEIRA, E. C. A.; SARTORI, R. H.; GARCEZ, T. B. Compostagem. Escola superior de agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba. 2008.

VICENTINI, L. S.; CARVALHO, K.; RICHTER, A. S. Utilização de microrganismos eficazes no preparo da compostagem. *Revista Brasileira de Agroecologia*. v.4. n.2. 2009.

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

SMITH, J. L.; PAUL, E. A. The significance of soil microbial biomass estimations. In: Bollog, STOTZKY, G. (Eds.). *Soil*, 6: 357-396. 1990.

HERBETS, R. A.; COELHO, C. R. de A.; MILETTI, L. C.; MENDONÇA, M. M. Compostagem de resíduos sólidos orgânicos: aspectos biotecnológicos. Departamento de Bioquímica - UFSC. Departamento de Microbiologia e Parasitologia - UFSC. Campus universitário – Trindade. Florianópolis. 2005.

RICHARD, T. N.; TRAUTMANN, M.; KRASNY, S. F.; STUART, C. The Science and engineering of composting. The Cornell composting website. Cornell University. Disponível em: <http://www.compost.ccs.cornell.edu/composting_homepage.html> Acesso em: 05 de maio de 2019.

LAU, A. K.; LO, K. V.; LIAO, P. H.; YU, J. C. Aeration experiments for swine waste composting. *Bioresource Technology*. 41: 145-152. 1992.

AZEVEDO, M. A. Compostagem de resíduos sólidos orgânicos: aspectos teóricos e ocupacionais. Departamento de Engenharia Civil, Ed. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 44p. 1997.

BAETA-HALL, L.; SÁÁGUA, M. C.; BARTOLOMEU, M. L.; ANSELMO, A. M.; ROSA, M. F. A compostagem como processo de valorização dos resíduos na extração de azeite em contínuo. *Boletim de Biotecnologia*. UME. UB. 31-37. 2003.

HAMODA, M. F.; ABU QDAIS, H. A.; NEWHAM, B. J. Evaluation of municipal solid waste composting kinetics. *Resources, Conservation and Recycling*. 23: 209-223. 1998.

REIS, R.A.; BERNARDES, T.F.; AMARAL, R. Teores de compostos nitrogenados do capim Marandu (Brachiaria brizantha, cv. Marandu) ensilado com polpa cítrica peletizada. In: REUNIÃO ANUAL DA

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA. Campo Grande. Anais... Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004.

RODRIGUES, M. S.; SILVA, F. C.; BARREIRA, L. P.; KOVACS, A. Compostagem: reciclagem de resíduos sólidos orgânicos. In: SPADOTTO, C. A. RIBEIRO, W. (Orgs.) Gestão de resíduos na agricultura e agroindústria. Botucatu: FEPAF. p. 63-94. 2006.

Ecochem. Composting Process. 2004. Disponível em: <http://www.ecochem.com/t_compost_faq2.html> Acesso em: 05 de maio de 2019.

MARGESIN, R.; CIMADOM, J.; SCHINNER, F. Biological activity during composting of sewage sludge at low temperatures. International Biodeterioration Biodegradation. 57: 88-92. 2006.

VALENTE, B. S.; XAVIER, E. G.; MORSELLI, T. B. G. A.; JAHNKE, D. S.; BRUM JR, B. de S.; CABRERA, B. R.; MORAES, P. de O.; LOPES, D. C. N. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. Arquivos de Zootecnia. v.58. n.1. p.59-85. 2009.

PEREIRA NETO, J. T. Lixo urbano no Brasil: descaso, poluição irreversível e mortalidade infantil. Ação Ambiental – Universidade Federal de Viçosa. P.8-11. 1998.