



Universidade de Brasília
Instituto de Química



Wendel Araujo Pereira

**CARACTERIZAÇÃO E COMPARAÇÃO DO HÚMUS PRODUZIDO POR
VERMICOMPOSTAGEM A PARTIR DE DIFERENTES FONTES**

Brasília – DF

2021

Wendel Araujo Pereira

CARACTERIZAÇÃO E COMPARAÇÃO DO HÚMUS PRODUZIDO POR
VERMICOMPOSTAGEM A PARTIR DE DIFERENTES FONTES

Trabalho de conclusão de curso em Química Tecnológica
apresentado ao Instituto de Química da Universidade de Brasília,
como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em
Química Tecnológica.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Fabríz Sodré

Coorientadora: Profa. Dra. Fernanda Ribeiro do Carmo Damasceno

Brasília – DF

2021

“Parte da jornada é o fim.”
(Homem de Ferro – Vingadores: Ultimato)

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, à Deus pois sem Ele não seria possível trilhar este caminho até este momento. Tudo que fiz e conquistei foi graças à vontade d'Ele e só tenho que agradecer por tudo.

Não posso deixar de agradecer a toda minha família, por me apoiar em todas as minhas decisões. Meu pai, um exemplo de ser humano, sempre me ajudou e continua a me ajudar em todos os momentos que preciso. Sem ele esse trabalho seria mais complexo de ser feito – em todas as semanas, era ele quem separava as frutas e verduras para alimentação da composteira. Pai, tenha certeza de que você é e sempre será um exemplo em minha vida. À minha mãe, agradeço por me ajudar a me tornar a pessoa que sou hoje. Tenha certeza de que você soube educar seus filhos. À minha irmã, que quase se forma primeiro que eu, agradeço por toda a força que me deu ao longo da vida. Tenho orgulho de você, Wendyara!

Agradeço também ao meu amigo Wallace, que no momento de escolha entre a bolsa de estudos na Universidade Católica de Brasília e a vaga na UnB, me ajudou nesta escolha. Também me ajudou nos momentos em que eu desanimava e queria desistir, além de me apoiar na confecção desse trabalho.

Agradeço à professora Marly Eiko pelo conhecimento transmitido, pelo apoio ao longo dessa caminhada universitária e pela amizade. Obrigado pela paciência, dedicação e carinho.

Um imenso agradecimento à professora Fernanda Damasceno – sem ela nada disso estaria acontecendo. O meu muito obrigado, pois mesmo quando toda a UnB estava fechada devido à pandemia, ela estava lá me ajudando com as análises; me auxiliou em tudo até o último momento – antes mesmo de deixar o Brasil, também quando já estava residindo no exterior e, nesse momento, desde seu retorno ao Brasil. Sou muito grato pelo “*Então vamos juntos!*”, sem ele, sinceramente, não sei como seria até aqui.

Agradeço ao professor Fernando Sodré por aceitar me orientar e pelos conhecimentos transferidos nas disciplinas ministradas até hoje.

Agradeço aos amigos por tornarem as aulas mais fáceis de aturar, em especial: à minha parceira de laboratório, Carol – que tempo bom foi aquele! Sempre nos divertimos com os cálculos e experimentos e pelas saídas para comer; à Rayane, por enfrentar os desafios junto comigo – nunca vou esquecer o verão fazendo Física (uma turma com 04 pessoas) e quando me acompanhou até nas provas extras; e à Paula, com seus resumos e pastas organizadas – como ajudou! Tenho certeza de que você vai aprender a desenhar janela em projetos.

RESUMO

Historicamente, o Brasil registra índices preocupantes em relação à gestão de resíduos sólidos urbanos (RSU), que normalmente são produzidos em grande escala e, no entanto, tem sua disposição e/ou coleta em escala relativamente inferior à produção. A manutenção desse cenário tem corroborado para a degradação do meio ambiente e, por consequência, para a redução da capacidade produtiva dos solos degradados. Diante disso, foram aprovadas a Lei Federal nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) para a gestão e gerenciamento de resíduos sólidos no Brasil, e a Lei Distrital nº 6.518/2020, que obriga o tratamento dos resíduos sólidos orgânicos por processos de compostagem ou outros tratamentos biológicos, no intuito de apresentar soluções para a recuperação do meio ambiente e o enriquecimento dos solos afetados. Nesse prisma, o presente trabalho busca examinar o processo de vermicompostagem – metodologia da compostagem que se vale do emprego de anelídeos – a partir da produção de substâncias húmicas em dois experimentos distintos, utilizando como fonte de matéria orgânica resíduos de frutas (E1) e verduras (E2), com o objetivo de caracterizar e comparar os aspectos físico-químicos dos compostos orgânicos obtidos em cada experimento face aos resultados de estudos pesquisados na literatura, avaliando os parâmetros químicos dessas substâncias referentes à capacidade de retenção de água (CRA), valor de pH e frações de macronutrientes (NPK), de forma a averiguar o potencial de uso de cada composto como condicionador de solo. Os resultados registram que, em relação às frações de NPK, as quantidades desses macronutrientes dependem da composição do material orgânico inicial utilizado; quanto à CRA, esta está intimamente ligada à densidade aparente, pois quanto menor for a densidade aparente, maior será a porosidade, dessa forma os vermicompostos produzidos a partir de materiais orgânicos misturados apresentaram melhores valores se comparados aos produzidos neste trabalho; quanto aos valores de pHs, apenas as substâncias húmicas produzidas a partir de resíduos de folhagem (A1) e resíduos vegetais mais serragem (B3) apresentaram valores ácidos – o que não é esperado no produto final –, os demais apresentaram valores descritos na literatura como ideais, com pHs alcalinos próximos a 8,5. Já a relação de C/N apresentou carência de nitrogênio e excesso de carbono nos vermicompostos produzidos por resíduos vegetais mais serragem (B3) e resíduos orgânicos diversos coletados em Órgão Público Municipal (C1), os demais estão dentro do padrão utilizado na literatura para condicionadores de solos.

Palavras-chave: resíduos orgânicos; gestão de resíduos sólidos urbanos; compostagem; vermicompostagem; condicionador de solo.

ABSTRACT

Historically, Brazil registers worrying rates related to the management of urban solid waste (USW), which are normally produced on a larger scale than its disposal. The maintenance of this scenario has contributed to the degradation of the environment and, therefore, to the reduction of the productive capacity of these soils. That said, Brazil's Government has sanctioned the Federal Law No. 12,305/2010, which institutes the National Solid Waste Policy (PNRS) for the management of solid waste in Brazil, and the District Law No. 6,518/2020, which obliges the treatment of organic solid waste by composting processes or other biological treatments, in order to provide solutions for the recovery of the environment and the enrichment of affected soils. In this perspective, the present work seeks to examine the vermicomposting process – composting methodology that uses annelids – from the production of humic substances in two different experiments, using as a source of organic matter residues from fruits (E1) and vegetables (E2), in order to characterize and compare the physicochemical aspects of the organic compounds obtained in each experiment against the results of studies researched in the literature, evaluating the chemical parameters of these substances related to the water retention capacity (WRC), value of the pH and fractions macronutrients (NPK), in order to ascertain the potential use of each compound as a soil conditioner. The results show that, in relation to the fractions of NPK, the amounts of these macronutrients depend on the composition of the initial organic material used; as for the WRC, this is closely linked to the bulk density, as the lower the bulk density, thus the vermicomposts produced from organic materials mixed showed better values compared to those produced in this work; as for the pH values, only the humic substances produced from foliage residue (A1) and plant residues plus sawdust (B3) had acidic values – which is not expected in the final product –, the others had values described in the literature as ideal, with alkaline pHs close to 8.5. The C/N ratio showed a lack of nitrogen and excess carbon in vermicomposts produced by plant residues plus sawdust (B3) and various organic residues collected in the Municipal Public Agency (C1), the others are within the standard used in the literature for conditioners of soils.

Keywords: organic waste; urban solid waste management; compost; vermicompost; soil conditioner.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS	8
2.1. OBJETIVO GERAL	8
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA	9
3.1. LIXO E RESÍDUOS	9
3.2. DISPOSIÇÃO FINAL	9
3.3. RESÍDUOS SÓLIDOS	10
3.3.1. Resíduos sólidos urbanos	11
3.4. VERMICOMPOSTAGEM	13
3.5. PRODUÇÃO DE FERTILIZANTE ORGÂNICO	15
4. MATERIAIS E MÉTODOS	17
4.1. FONTES DE MATÉRIA ORGÂNICA INVESTIGADAS	17
4.2. MONTAGEM DA COMPOSTEIRA	17
4.3. ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS	19
4.3.1. Coleta e preparo das amostras	21
4.3.2. Umidade	21
4.3.3. Densidade aparente	22
4.3.4. Capacidade de retenção de água – CRA	22
4.3.5. pH	23
4.3.6. Macronutrientes (NPK) e carbono	23
4.3.6.1. Análise elementar de Carbono e Hidrogênio	23
4.3.6.2. Espectrômetria de Fluorescência de Raios X por Energia Dispersiva	23
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5.1. PARÂMETROS FÍSICOS	24
5.1.1. Umidade	24

5.1.2. Densidade aparente.....	25
5.2. PARÂMETROS QUÍMICOS	26
5.2.1. Capacidade de retenção de água – CRA.....	26
5.2.2. pH	27
5.2.3. Macronutrientes (NPK) e carbono	28
5.2.4. Dificuldades enfrentadas e perspectivas futuras.....	30
6. CONCLUSÃO	31
REFERÊNCIAS	32

1. INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, Lei nº 12.305/2010), aprovada em agosto de 2010 e regulamentada em dezembro do mesmo ano, estabeleceu uma hierarquização na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos em todo o país, de forma a optar pela não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010). Sendo assim, apenas a fração de resíduos que não forem passíveis de reaproveitamento e/ou tratamento, por nenhum dos processos disponíveis, devem ser encaminhados ao aterro sanitário.

Analisando o estudo realizado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2020), verificou-se que 14,1% de todo resíduo sólido urbano (RSU) são compostos por rejeitos, ou seja, todo o restante do resíduo está passível de algum tratamento para aproveitamento.

Diante de tantas técnicas para aproveitamento da fração passível de tratamento, especialmente a parcela orgânica que corresponde a 45% do total gerado (ABRELPE 2020), tem-se a vermicompostagem, um processo de recuperação de nutrientes de resíduos orgânicos, com baixo custo de implantação, ofertando uma excelente alternativa para resíduos domiciliares (AMORIM et al., 2005). Um dos principais produtos da vermicompostagem, a substância húmica, é um excelente condicionador de solo, capaz de melhorar atributos químicos (oferta, melhor retenção e ciclagem de nutrientes), físicos (melhoria na estruturação e formação de agregados) e biológicos do solo (aumento da diversidade de organismos benéficos ao solo) (FERREIRA, 2017).

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Realizar estudo comparativo do processo de vermicompostagem a partir da preparação de compostos utilizando diferentes materiais orgânicos, a fim de averiguar se a utilização de materiais distintos interfere diretamente nas características físico-químicas do composto orgânico (húmus) obtido ao fim do processo.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar, a partir de parâmetros específicos, as principais características físico-químicas dos produtos da vermicompostagem;
- Avaliar se os produtos atendem às especificações para serem usados como fertilizantes orgânicos.

3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

3.1. LIXO E RESÍDUOS

Os termos “lixo” e “resíduos” são comumente confundidos e, para que se aplique corretamente a destinação de cada um desses materiais no âmbito do presente estudo, é de sumária importância compreender o conceito aplicado a cada um desses termos.

Segundo Demajorovic (*apud* PELIZER; PONTIERI; MORAES 2007), o termo “lixo” diferencia-se de “resíduo” porque esse não possui nenhum tipo de valor, sendo possível apenas o descarte seguido de uma disposição final adequada, como em aterros sanitários. Por outro lado, resíduos possuem valor econômico agregado, por possibilitarem reaproveitamento no próprio processo produtivo ou como matéria-prima para processos secundários.

3.2. DISPOSIÇÃO FINAL

Segundo a PNRS, entende-se como destinação ambientalmente adequada os seguintes casos:

[...] reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

Ainda segundo a PNRS, em seus objetivos, existem alternativas para a diminuição da quantidade de lixo enviado aos aterros sanitários. Seguindo a ordem de prioridade, temos: não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Quando se trata de disposição final ambientalmente adequada, refere-se especialmente aos aterros sanitários, pois estes locais são adequadamente preparados para a destinação final do lixo, que será acondicionado em camadas impermeabilizadas, com espessuras pré-determinadas, sendo posteriormente coberto e compactado por uma série de materiais adequados à reabilitação da área, a exemplo de argilas e solos argilosos. Idealmente, em aterros sanitários, os produtos gasosos são recuperados para produção de energia e a fase líquida, conhecida como chorume, é drenada das camadas de lixo e tratada (D'ALMEIDA, 2002).

O mais recente Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos (SNIS, 2019) mostra que 76,9% de toda a massa de lixo coletado no Brasil é enviada a aterros sanitários, sendo que o restante da massa total é enviado a aterros controlados, 11,7%, e lixões, 11,5% (Figura 1). Nota-se também um movimento desfavorável do percentual da massa total destinada a aterros sanitários de 0,9 ponto percentual em relação ao ano de 2018.

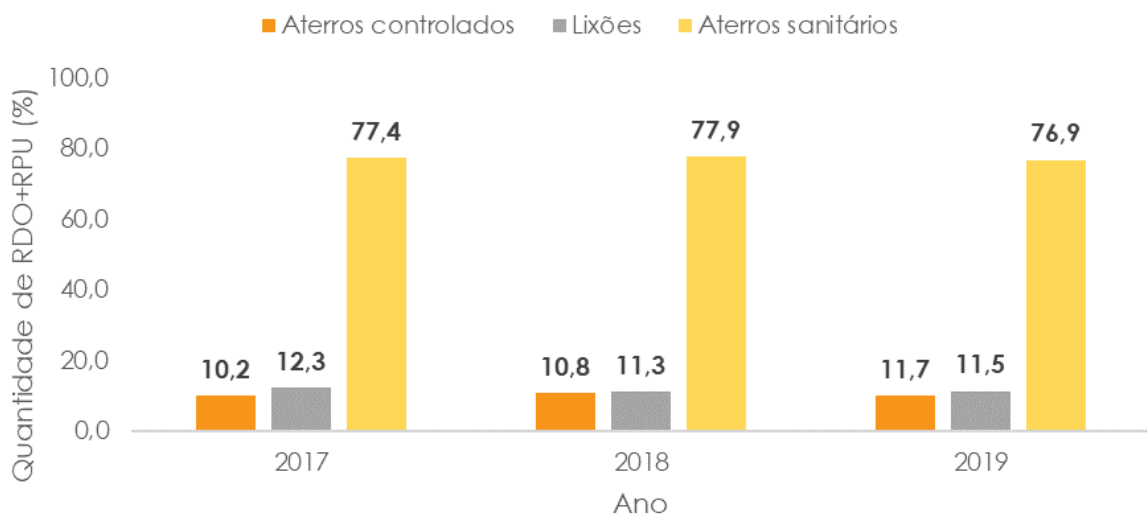


Figura 1 – Massa de lixo enviada a aterros sanitários, aterros controlados e lixões. Fonte: SNIS, 2019.

3.3. RESÍDUOS SÓLIDOS

Segundo a norma brasileira NBR 10.004, de 1987, entende-se por resíduos sólidos:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, 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.

3.3.1. Resíduos sólidos urbanos

Como pode-se observar, a definição da NBR 10.004 evidencia o quão complexo e diverso é o resíduo sólido. Os RSU, por sua vez, abrangem aqueles resíduos produzidos a partir de diversas atividades desenvolvidas no meio urbano, compreendendo várias origens como: residencial, comercial, limpeza pública, construção civil, industrial e agrícola (CASTILHOS Jr. Et al, 2003). A Figura 2 mostra que a maior parte do RSU produzido no Brasil, em massa, é composto de matéria orgânica, seguido de plástico e metais.

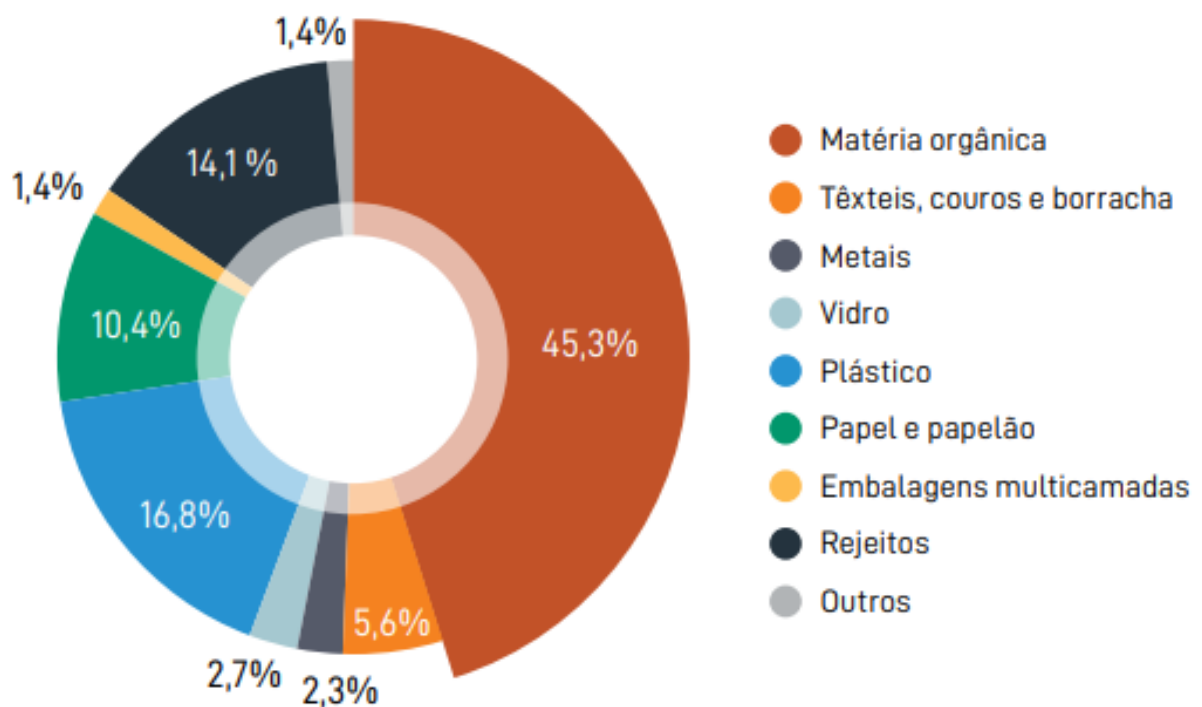


Figura 2 – Gravimetria de RSU no Brasil. Fonte: ABRELPE, 2020.

O Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil, produzido e publicado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2020), mostrou que a geração de RSU, no ano de 2019, foi de cerca de 79 milhões de toneladas em todo o Brasil, sendo que, deste total, foram coletados 72,7 milhões de toneladas – aproximadamente 92% de todo o resíduo gerado. Contudo, ainda conforme o estudo da ABRELPE, tem-se registro de que, do total de resíduos coletados, 40,5% tiveram destinação final inadequada.

Destacam-se na geração de RSU as regiões Sudeste e Nordeste, somando 75% de toda geração. Ainda de acordo com o relatório, de todo o resíduo gerado, 43,5% foram resíduos

orgânicos. Na última década foi verificado um aumento na geração *per capita* de 348,3 kg/hab/ano, no ano de 2010, passando a 379,20 kg/hab/ano, no ano de 2019 (ABRELPE, 2020).

Na última década, o Brasil apresentou apenas uma pequena redução da quantidade de RSU com disposição final inadequada, passando de 43,2% em 2010 para 40,5% em 2019. Formas inadequadas de destinação, como em aterros controlados e lixões, ainda estão presentes em todas as regiões do país, com destaque nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, onde mais de 55% do resíduo produzido é destinado nestes tipos de unidades (ABRELPE, 2020).

O Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil também sugere que a geração de RSU deverá aumentar em uma proporção de cerca de 14 milhões de toneladas por década (Figura 3) e que, caso práticas relacionadas ao gerenciamento de RSU permaneçam inalteradas, as formas inadequadas de destinação ainda persistirão por várias décadas (Figura 4).

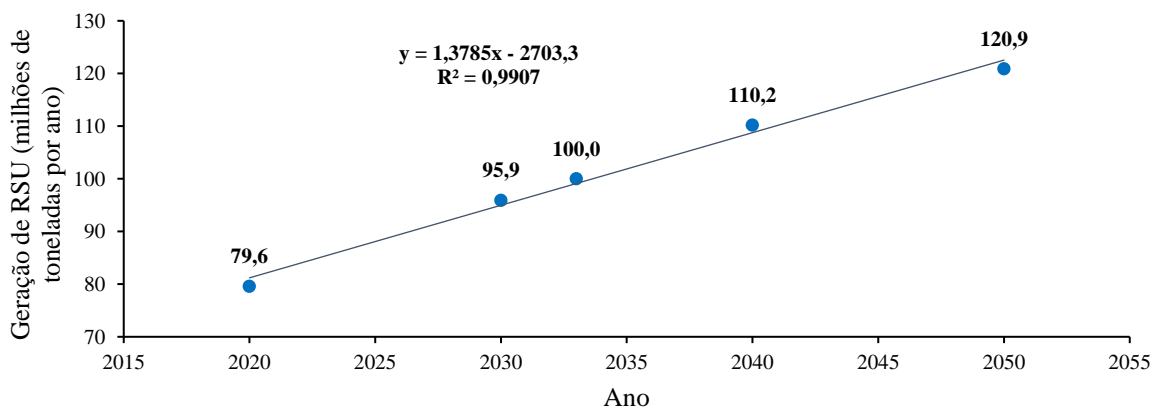


Figura 3 – Previsão para geração de RSU ao longo dos anos. Fonte: ABRELPE, 2020 com adaptações.

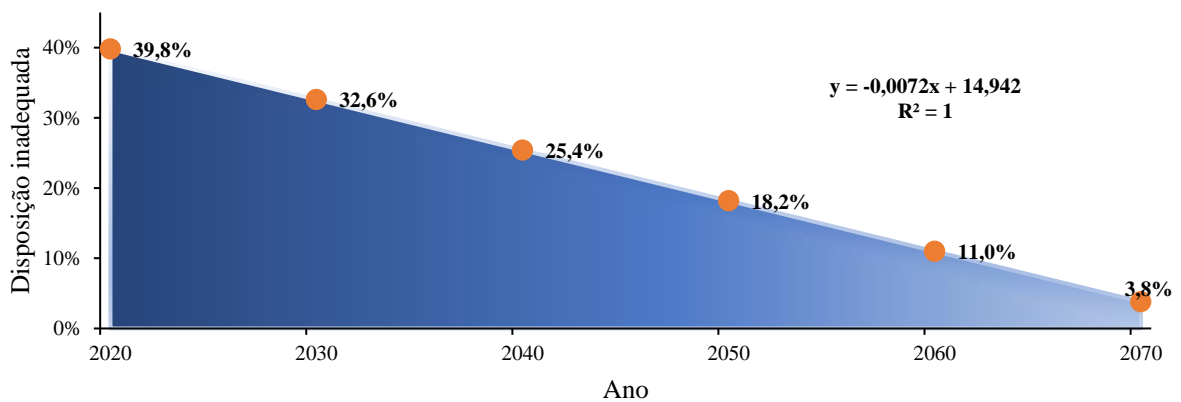


Figura 4 – Previsão quanto à disposição inadequada de RSU no Brasil. Fonte: ABRELPE, 2020 com adaptações.

Uma análise dos Gráficos 1 e 2 revela índices bastante díspares em relação ao aumento da geração de RSU e à adequação da disposição final, com coeficientes de aproximadamente 1,38 e 0,72 respectivamente, indicando que a geração é quase o dobro da adequação.

Com relação ao Distrito Federal, na última década, houve redução de, aproximadamente, 30% na geração de resíduos orgânicos, passando de 1.585.925 t/ano em 2010 para 1.104.855 t/ano em 2019 (ABRELPE, 2020). Cabe mencionar, também, que em 2020 foi instituída a Lei Distrital nº 6.518, que dispõe de tratamento dos resíduos sólidos orgânicos por meio de processos de compostagem ou outro tratamento biológico. Segundo o Art. 1º, parágrafo único:

Estão sujeitas à observância desta Lei as pessoas jurídicas de direito público ou privado responsáveis, direta ou indiretamente, pela geração de resíduos sólidos e as que desenvolvam ações relacionadas à gestão integrada ou ao gerenciamento de resíduos sólidos. (DISTRITO FEDERAL, 2020).

Após promulgação, as instituições responsáveis devem atingir as metas estabelecidas de acordo com um período de adequação de 4 anos. Dessa forma, no ano de 2021, 25% do resíduo orgânico produzido deve ser sujeito à compostagem; no ano de 2022, 50% do resíduo produzido deve ser tratado e, até 2024, 100% dos resíduos orgânicos produzidos no DF devem ser tratados por meio de compostagem ou processos biológicos.

3.4. VERMICOMPOSTAGEM

Dentre os processos biológicos voltados ao tratamento de resíduos orgânicos, a vermicompostagem é caracterizada por processos controlados de transformação de matéria orgânica, em ação conjunta de minhocas e microrganismos, sob condições aeróbicas, visando a produção de um material orgânico estabilizado, o vermicomposto ou, como denominado popularmente, húmus de minhoca (Figura 5). Durante esse processo, grande parte da matéria orgânica de origem é submetida a processos de decomposição que culminam com a liberação de nutrientes, como nitrogênio, fósforo, potássio, micronutrientes e fragmentos orgânicos estáveis, refratários aos processos de respiração biológicos, que interagem entre si formando estruturas complexas, igualmente estáveis e resistentes à degradação, denominadas substâncias húmicas (KIEHL, 1985; LORES et al., 2006; LOURENÇO, 2014, SONG et al., 2014 *apud* BOSCO et al 2014).



Figura 5 – Vermicomposto produzido no laboratório da EMBRAPA. Fonte: EMBRAPA, 2015.

As principais funções das minhocas nesse método são a fragmentação e o condicionamento do substrato, uma vez que os organismos agem revolvendo, aerando e fragmentando a matéria orgânica, alterando suas características químicas, físicas e biológicas. A contribuição desses anelídeos está presente na decomposição da matéria orgânica por microrganismos existentes no seu intestino, produzindo fragmentos orgânicos suscetíveis à formação de substâncias húmicas, excretados na forma de coprólitos¹.

Segundo Bosco et al. (2017), o processo de vermicompostagem pode ser dividido em três etapas:

- 1) Etapa inicial ou de degradação: nesta etapa os microrganismos realizam o “ataque” inicial dos resíduos, ocorrendo os primeiros processos de mineralização;
- 2) Etapa de colonização dos resíduos por parte das minhocas: nesta etapa as moléculas orgânicas são transformadas em constituintes mais simples, por meio da ação dos microrganismos e processo de digestão das minhocas. Todos os compostos orgânicos são colonizáveis pelas minhocas, em menor ou maior grau, e a dificuldade de colonização advém das características de cada resíduo;

¹ Mistura homogênea de restos orgânicos e partículas minerais que possibilita a alteração de características químicas do solo. (FREITAS et al., 2015, *apud* QUADROS et al., 2002)

- 3) Etapa de maturação: nesta etapa ocorre a mineralização e humificação dos compostos. Tal processo origina substâncias de elevada estabilidade.

A espécie de minhoca mais utilizada na produção de vermicomposto é a *Eisenia foetida*, conhecida como “minhoca californiana”, “minhoca vermelha da Califórnia” ou “minhoca de esterco”. Tal favoritismo se dá pelo fato de a espécie conseguir converter resíduos orgânicos pouco decompostos em matéria estável, além da sua fácil adaptação ao cativeiro (AQUINO; ALMENIDA; SILVA, 1992; BIDONE; POVINELLI, 1999 *apud* INFORZATO GUERMANDI, 2015).

Os principais parâmetros que influenciam o processo de vermicompostagem são:

- **Temperatura:** ideal está compreendida na faixa de 13 °C-22 °C (KIEHL, 1985);
- **pH:** deve estar na faixa de 4,5-9,7 a depender da espécie de minhoca utilizado na produção do composto (SARTORI, 1998);
- **Umidade:** é recomendado um valor entre 70% e 75% (SARTORI, 1998)
- **Oxigenação:** é recomendado apresentar teor mínimo de 3 mg/L (BIDONE; POVINELLI, 1999); e
- **Relação C/N:** razão 30/1 apropriada para atuação das minhocas. Valores menores que 15/1 indicam carência de carbono e excesso de nitrogênio, acelerando o crescimento microbiano, elevando a temperatura e a liberação de nitrogênio amoniacal, altamente tóxico às minhocas. Por outro lado, relações superiores à 35/1 indicam carência de nitrogênio e excesso de carbono, também prejudicial às minhocas (LOURENÇO, 2010).

3.5. PRODUÇÃO DE FERTILIZANTE ORGÂNICO

O vermicomposto, após sua maturação, pode ser utilizado como fertilizante orgânico. Um indicativo do equilíbrio microbiológico da substância húmica é a sua aproximação à temperatura ambiente, embora não se possa verificar a maturação com apenas este parâmetro, devendo ser monitorados outros parâmetros, já que a decomposição da matéria orgânica depende da origem e da composição da mistura inicial (VALENTE et al., 2009 *apud* BOSCO et al, 2017).

Nos estudos de KIEHL (2004) e MALHEIROS (1996) alguns parâmetros são indicados para avaliação da maturação do composto, como a relação C/N, o pH e a concentração de nitrato,

entre outros. A Tabela 1, adaptada de KIEHL (1985), mostra parâmetros indicadores quanto ao uso de fertilizantes orgânicos.

Tabela 1 – Indicadores aplicados a condicionadores de solos orgânicos. Fonte: Kiehl, 1985.

Elemento	Teores (%)		
	Baixo	Médio	Alto
Fósforo (P ₂ O ₅)	<0,5	Entre 0,5 e 1,5	>1,5
Potássio (K ₂ O)	<0,5	Entre 0,5 e 1,5	>1,5
Cálcio (CaO)	<2,0	Entre 2,0 e 4,0	>4,0
Magnésio (MgO)	<1,0	Entre 1,0 e 2,0	>2,0
Enxofre (S)	<2,0	Entre 0,2 e 0,5	>0,5
	Indesejável	Bom	Ótimo
Índice pH	<6,0	Entre 6,0 e 7,5	>7,5
Relação C/N	>18/1	12/1 a 18/1	8/1 a 12/1
	Excessivo	Bom	Ótimo
Teor de umidade (%)	>35	Entre 25 e 35	<25
Teor de Nitrogênio (%)	Em torno de 1,7 ou apresentar no máximo 4 a 5		

Segundo KIEHL (2004) e SARTORI et al. (2011), após comprovação da finalização da vermicompostagem, a substância húmica atuará como fonte de dois importantes componentes de interesse agrícola:

- i. **Nutrientes minerais**, tais como os macronutrientes nitrogênio, fósforo, potássio, além de inúmeros micronutrientes. Tanto os macronutrientes quanto o cálcio, magnésio e enxofre tendem a ser absorvidos em maiores quantidades nas raízes das plantas, enquanto espécies como ferro, zinco, cobre, manganês, boro, cloro e níquel são assimilados em menores quantidades;
- ii. **Material humificado**, rico em substâncias húmicas como ácidos húmicos e fúlvicos que atuam como condicionador e melhorador de propriedades físicas e químicas dos solos, influenciando a absorção e o transporte de nutrientes, por alterar a área superficial das raízes.

A maturação do composto orgânico produzido é fundamental para seu uso como fertilizante, já que seu uso antes desta fase pode promover a poluição do plantio com liberação de amônia no solo, o que promove danos às raízes e liberação de toxinas que inibem a germinação de sementes e o crescimento de plantas (BOSCO et al., 2017 *apud* PEREIRA NETO, 2007).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. FONTES DE MATÉRIA ORGÂNICA INVESTIGADAS

Foram utilizadas frutas e legumes como fonte de carbono e nitrogênio (matéria orgânica) e serragem como fonte de carbono e controle de umidade (matéria seca). A composteira com resíduos de frutas foi identificada por “E1” e a com resíduos de legumes “E2”.

Por se tratar de reutilização de resíduos, todo material coletado adveio de produtos de um supermercado local, dessa forma as principais frutas utilizadas foram bananas, mamões, maçãs e melões, e os legumes foram batatas, cenouras e chuchus.

4.2. MONTAGEM DA COMPOSTEIRA

Para consecução dos objetivos do presente estudo, foram montadas 2 composteiras, cada uma utilizando 3 caixas do tipo organizadora, sendo 2 delas empregadas como digestoras e 1 como coletora de líquidos (Figura 6).

Na primeira composteira foram utilizados resíduos de frutas, onde cada caixa apresentava um volume de 30L, com área de $0,116\text{m}^2$. Já a segunda composteira foi preenchida com resíduos de legumes e apresentava volume de 15L em cada caixa, com área de $0,150\text{m}^2$. As 2 caixas coletoras de cada composteira foram adaptadas com furos de aproximadamente 0,5cm de diâmetro para movimentação das minhocas (Figura 7).



Figura 6 – Composteira com caixas de 30 L e 15 L (Caixas 1 e 2: Digestoras; Caixa 3: Coletora). Fonte: Pereira, 2019.



Figura 7 – Furos nas caixas digestoras para passagem do biochorume e movimentação das minhocas. Fonte: Pereira, 2019.

O manual de vermicompostagem da EMBRAPA (1996) recomenda o uso de 1kg de minhoca por metro quadrado de resíduo, equivalente a, aproximadamente, 1.000 indivíduos. Dessa forma, foram utilizados 116 (cento e dezesseis) anelídeos na composteira de 30L, no início do processo de compostagem das frutas, e 150 (cento e cinquenta) na composteira de 15L, na compostagem de legumes. A alimentação foi realizada 2 vezes por semana, nas segundas e sextas-feiras, com a proporção de 3:1 de matéria seca e matéria orgânica, visando completar as primeiras caixas no período de 30 dias. Foram utilizados 2,5L de matéria orgânica coberta com 1L de matéria seca no sistema de 30L, e 1,2L de matéria orgânica coberta com 0,5L de matéria seca no sistema de 15L (Figura 8).



Figura 8 – Caixa digestora alimentada com matéria orgânica, coberta com serragem. Fonte: autor.

A matéria orgânica foi fracionada (Figura 9) a fim de acelerar o processo de decomposição pelas minhocas e facilitar a alimentação das composteiras. Todo o resíduo orgânico para o desenvolvimento do estudo foi obtido em supermercado local, a partir de material que seria descartado por não haver mais possibilidade de comercialização.



Figura 9 – Exemplo de material orgânico fracionado. Fonte: autor.

4.3. ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS

Neste trabalho, os vermicompostos produzidos foram analisados em termos de umidade, densidade aparente, capacidade de retenção de água e pH. Outros parâmetros importantes para uma avaliação mais completa dos resultados, tais como concentração de nutrientes e micronutrientes, além de parâmetros indicativos da qualidade da matéria orgânica humificada, não foram obtidos em ambiente laboratorial devido à impossibilidade de acesso aos laboratórios da Universidade de Brasília (UnB) frente às restrições impostas pela própria UnB e por autoridades públicas em decorrência da pandemia da COVID-19.

Nesse prisma, foi realizada uma pesquisa bibliográfica complementar para obtenção de dados adicionais, no intuito de realizar uma avaliação comparativa e ilustrativa entre os vermicompostos produzidos neste estudo. Na tabela 2 estão relacionados os parâmetros pesquisados.

Tabela 2 – Lista de parâmetros pesquisados na literatura

Parâmetro	
Físicos	Umidade
	Densidade Aparente
	pH
Químicos	Capacidade de retenção de água
	N
	P
	K
	C
	H
	C/N

Os resultados da pesquisa bibliográfica foram divididos em grupos de “A” à “D”, de forma a melhor organizar e identificar cada análise comparativa, e uma subdivisão com relação à fonte de resíduo utilizada, onde o grupo “A” representa os resultados obtidos por PEREIRA (2019), o grupo “B” apresenta os resultados obtidos no estudo de COTTA et al (2015), o grupo “C” apresenta os resultados de ÁVILA (2020) e o grupo “D” registra os dados de INFORZATO GUERMANDI (2015). Já os resultados obtidos a partir do processo de vermicompostagem produzido neste trabalho foram colecionados ao grupo “E”.

Os resíduos orgânicos para obtenção das substâncias húmicas foram diferentes para cada trabalho:

- **Grupo “A”:** material orgânico remanescente de folhagens mais serragem (A1);
- **Grupo “B”:** foram obtidos de 3 diferentes fontes: resíduos sólidos vegetais (B1); resíduos vegetais mais esterco (B2) e resíduos vegetais mais serragem de madeira (B3);
- **Grupo “C”:** o resíduo deste grupo foi o material orgânico urbano coletado em três locais distintos: órgão público municipal (C1), campus universitário (C2) e condomínio residencial (C3 e C4);
- **Grupo “D”:** resíduos de frutas, legumes e folhagens misturados, porém foram pré-compostados antes da realização do processo de vermicompostagem com

dois tipos de tratamento: pré-compostos que passaram pelo processo de trituração e revolvimento dos resíduos (D1 e D2), enquanto as outros passaram apenas pelo processo de revolvimento (D3 e D4). E por último, as substâncias húmicas obtidas;

- **Grupo “E”:** resultados obtidos neste trabalho. Material orgânico remanescente de fruta mais serragem na composteira (E1) e material orgânico remanescente de verduras mais serragem na composteira (E2).

4.3.1. Coleta e preparo das amostras

Para a coleta do vermicomposto foi necessária a exposição das caixas digestoras ao sol como forma de induzir o deslocamento das minhocas para o fundo da caixa, já que são organismos fotossensíveis. Com isso, pode-se coletar o vermicomposto para realização das análises.

4.3.2. Umidade

Para determinar a umidade do vermicomposto, foi utilizado manual de métodos de análise de solo (EMBAPRA, 2017), com adaptações, da seguinte forma:

- Pesaram-se, aproximadamente, 5,00 g da substância húmica *in natura* em um recipiente, limpo e seco, de peso conhecido;
- As amostras foram levadas à estufa com temperatura de 105 °C, onde permaneceram por 24 h;
- Após o período de 24 h, as amostras foram transferidas para dissecador até o resfriamento;
- Pesaram-se as amostras secas.

A umidade foi calculada pela seguinte fórmula:

$$Umidade (\%) = \frac{(P_{si} - P_r) - (P_{sf} - P_r)}{(P_{si} - P_r)}$$

Sendo:

P_{si} = Peso do recipiente mais o peso da amostra (g);

P_r = Peso do recipiente (g);

P_{sf} = Peso do recipiente mais o peso da amostra após 24 h na estufa (g).

4.3.3. Densidade aparente

Essa análise foi realizada conforme método descrito por DEUEL & HOLLIDAY (1997), de forma adaptada. Nessa análise, o vermicomposto foi seco, macerado e passado em peneira de abertura de malha de 2 mm.

- i. Pesou-se uma proveta de 10 mL, limpa e seca;
- ii. Adicionou-se vermicomposto até o volume de 10 mL;
- iii. Pesou-se a proveta com o vermicomposto.

A densidade aparente foi calculada da seguinte forma:

$$\text{Densidade aparente } \left(\frac{kg}{m^3} \right) = \frac{P_{pf} - P_p}{10} \times 1000$$

Onde:

P_{pf} = Peso da proveta mais vermicomposto (g);

P_p = Peso da proveta, limpa e seca (g).

4.3.4. Capacidade de retenção de água – CRA

A CRA foi determinada pelo modelo proposto por ALEF & NANNIPIERE (1995), com algumas adaptações. O material foi seco, macerado e passado em peneira de abertura de 2 mm.

- i. Pesou-se uma proveta de 10 mL, limpa e seca;
- ii. Foram colocados, aproximadamente, 20g de vermicomposto em sistema funil com papel de filtro suportado em proveta de 100 mL, previamente pesada;
- iii. Adicionaram-se 100 mL de água ao sistema em pequenas porções e de forma homogênea;
- iv. Cobriu-se a amostra com papel alumínio deixando-a em repouso *overnight*;
- v. Após repouso, foi feita a pesagem da proveta de 100 mL com água percolada;
- vi. Realizou-se uma análise controle (branco) somente com o sistema sem o vermicomposto, a fim de deduzir a água retida pelo papel de filtro.

O cálculo da CRA foi realizado pela seguinte fórmula:

$$CRA (\%) = \frac{P_f - P_i}{ms} \times 100$$

Onde:

P_f = Peso da proveta com a água percolada (g);

P_i = Peso da proveta, limpa e seca (g);

ms = massa do vermicomposto seco (g).

4.3.5. pH

A medição do pH foi feita de acordo com TEDESCO (1995), com adaptações, conforme a descrição a seguir:

- i. Pesaram-se 10 g de vermicomposto, seco e macerado;
- ii. Transferiu-se a amostra para béquer onde foram adicionados 50 mL de água deionizada;
- iii. A suspensão foi agitada por 30 minutos, em agitador automático;
- iv. Após esse tempo, foi realizada a leitura em pHmetro.

4.3.6. Macronutrientes (NPK) e carbono

Para resultados de macronutrientes foi realizado pesquisa bibliográfica para obtenção de resultados em vermicomposto, com o intuito de realizar análise comparativa entre os resultados obtidos.

4.3.6.1. Análise elementar de Carbono e Hidrogênio

Caso fosse possível a realização das análises elementares, seriam realizadas no equipamento da Perkin Elmer 2400 Series II CHN/S disponível na Central Analítica do Instituto de Química da UnB.

4.3.6.2. Espectrômetria de Fluorescência de Raios X por Energia Dispersiva

Caso fosse possível a realização da análise de macronutrientes (Ca, Mg, S, P e K) e micronutrientes (Fe, Cu, Mn e Zn), seria realizada no Espectrômetro de Fluorescência de Raios X por Energia Dispersiva (EDX 720HS da marca Shimadzu) disponível na Central Analítica do Instituto de Química da UnB.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. PARÂMETROS FÍSICOS

5.1.1. Umidade

Os teores de umidade obtidos no vermicomposto produzidos neste trabalho variaram entre 13% e 18%, já os encontrados nas literaturas apresentaram valores entre 54% e 82% (Figura 10). O que pode explicar tal teor de baixa de umidade é o fato da demora na análise do vermicomposto, dessa forma houve evaporação da água contida do húmus produzido.

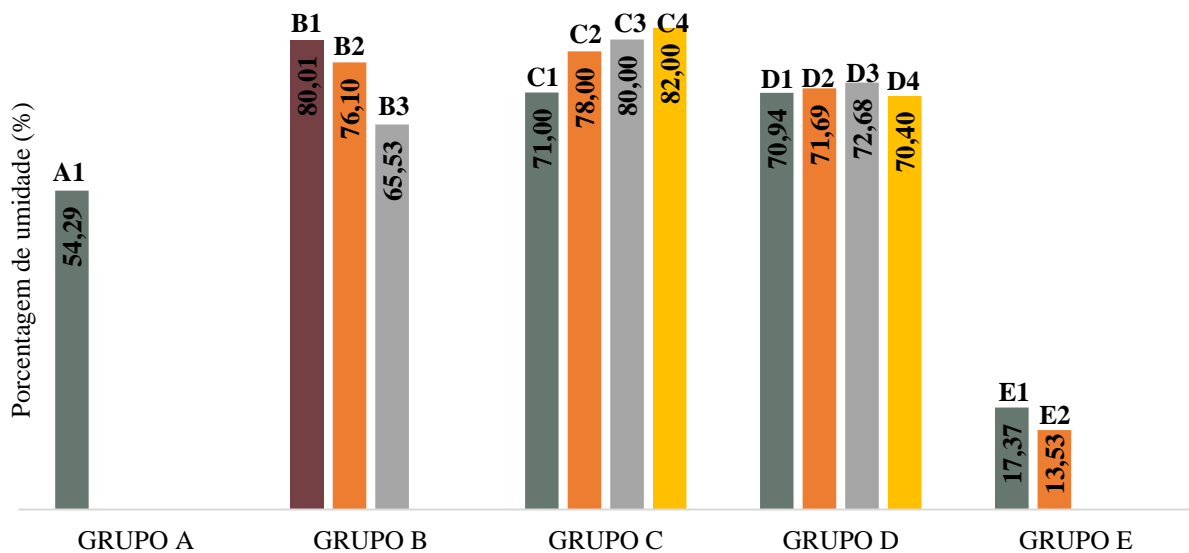


Figura 10 – Resultados de umidades das substâncias húmicas obtidos de forma empírica e os encontrados na literatura.

Segundo BIDONE & POVINELLI (1999), faixas de umidade abaixo de 60% impossibilitam o risco de anaerobiose, e quando o teor se apresenta acima de 40%, a atividade microbiana não é reduzida. Todavia, na vermicompostagem deve-se atentar ao processo de respiração dos anelídeos. Dessa forma, outro fator importante e primordial no controle de

umidade está relacionado à sobrevivência das minhocas, como aponta FERREIRA et al. (2017) (*apud* LOURENÇO, 2014), considerando que o teor de umidade ao longo do processo deve estar entre 75% e 90%, pois valores menores que 70% comprometem a respiração dos anelídeos, levando-os à morte por asfixia, enquanto valores superiores à 90% preenchem espaços porosos, gerando zonas de aerobiose, limitando o fornecimento de oxigênio.

Analisando os resultados obtidos com o prisma de adubo orgânico, e seguindo os valores sugeridos por KIEHL (1995), verifica-se que apenas as substâncias húmicas do grupo “E” estão com teores considerados ótimos de umidade, todavia o resultado não é totalmente confiável, uma vez que houve demora na análise, podendo levar à possível perda de umidade. Já os resultados dos vermicompostos encontrados na literatura apresentam valores excessivos de umidade.

5.1.2. Densidade aparente

Segundo FERREIRA 2017 (*apud* KIEHL, 1985), a densidade aparente é influenciada pela natureza, dimensões e forma como se encontram dispostas as partículas no solo, sendo variável para um mesmo solo, alterando-se de acordo com a estruturação. Assim sendo, a faixa de densidade aparente é de 340-940 kg/m³ (Figura 11), demonstrando que a composição do material orgânico influencia o resultado da vermicompostagem.

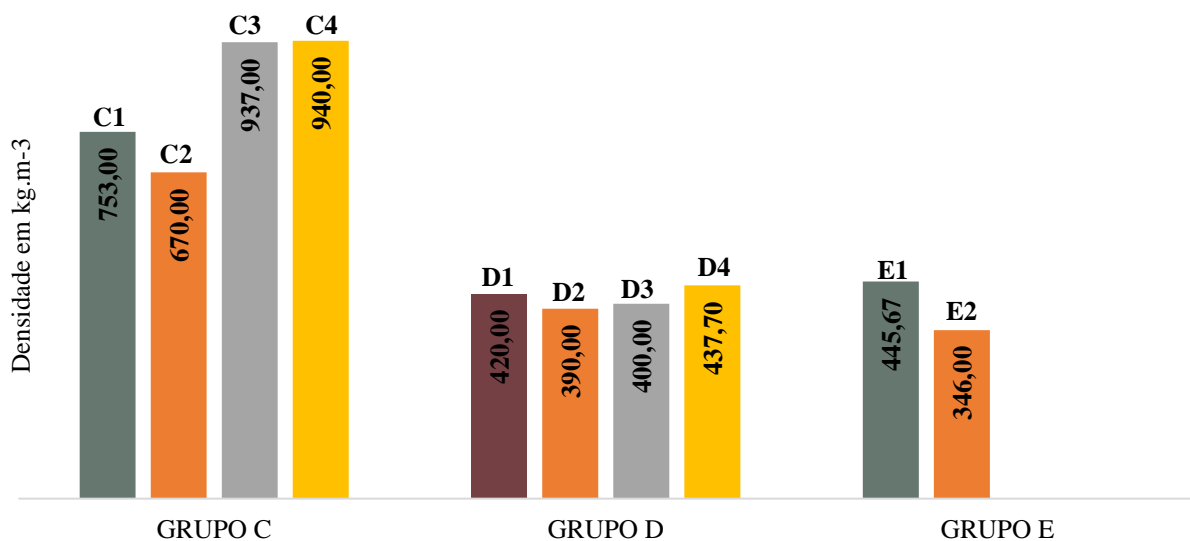


Figura 11 – Resultados de densidade aparente das substâncias húmicas obtidos de forma empírica e os encontrados na literatura.

Os resultados verificados nas composteiras do grupo “C” apresentam diferença entre si, e isso pode ser explicado pela localidade de coleta dos resíduos, mostrando que a composição do resíduo influencia na densidade aparente da substância húmica. Já no resultado verificado nas composteiras do grupo “D” demonstra uma variação discreta mesmo com tratamento do resíduo de forma diferente, ou seja, mesmo nas composteiras com tratamento igual houve variação da densidade aparente, sugerindo que o fator importante seja a composição do material utilizado. Com relação ao grupo “E”, os resultados obtidos mostraram-se diferentes pois na composição inicial de cada composteira foram utilizados resíduos de frutas em uma e de verduras em outra, o que sugere, igualmente, que a composição influencia a densidade aparente.

Segundo SANTOS 2011 (*apud* KIEHL, 1979), quanto maior a densidade aparente, maior será sua compactação, menor será a estruturação e sua porosidade total. Dessa forma, quando comparamos os resultados obtidos com matéria orgânica inicial controlada, como o grupo “E”, verificamos que os resíduos de verduras apresentam uma vantagem neste processo.

5.2. PARÂMETROS QUÍMICOS

5.2.1. Capacidade de retenção de água – CRA

A retenção de água está ligada à capacidade do composto em deter água, logo a baixa capacidade de reter água implica no escoamento superficial elevado, diminuindo a quantidade de água armazenada, propiciando enxurradas e conseqüentemente erosão (LORENZO, 2017). No quadro abaixo estão apresentados os resultados obtidos na pesquisa.

Na Figura 12 constam os resultados de CRA obtidos na pesquisa e na análise empírica – os valores encontrados estão na faixa de 296%-440%, o que significa que a cada 1g da substância húmica, são retidos de 2,6g-4,40g de água.

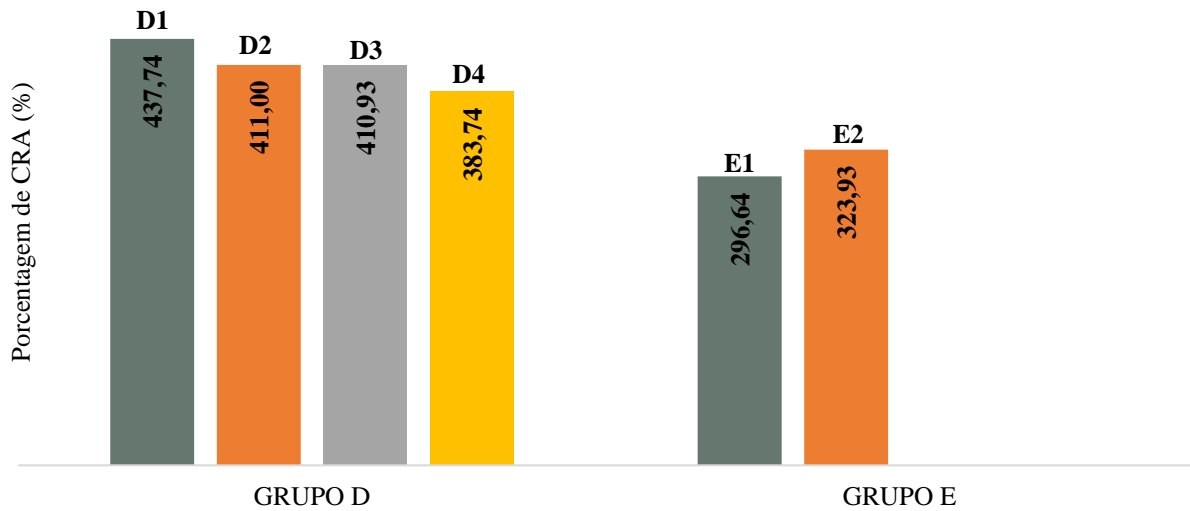


Figura 12 – Resultados de CRA das substâncias húmicas obtidos de forma empírica e os encontrados na literatura.

Os resultados obtidos na literatura e os obtidos de forma empírica apresentam diferença, o que sugere que a composição da matéria orgânica inicial influencia na capacidade de retenção de água. Outra inferência que se pode fazer relaciona-se à combinação de diferentes materiais orgânicos iniciais, pois se obteve maior CRA no vermicomposto com materiais diversos. Com relação aos compostos obtidos no grupo “E”, pôde-se notar que a substância húmica gerada a partir de resíduos de verduras apresentou maior CRA, o que pode ser associado à sua porosidade, pois no item anterior identificamos maior densidade aparente neste vermicomposto, que está relacionada à maior porosidade.

5.2.2. pH

No início do processo de vermicompostagem o valor de pH encontra-se na faixa de 5,0-6,0, pois a decomposição inicial possui caráter ácido, o que favorece o crescimento de fungos e a decomposição da lignina. No decorrer do processo, os valores de pH tendem a ficar na faixa de 6,0-8,0 e assim permanecer até o final do processo (PEIXOTO, 2005). Segundo SOUZA & REZENDE (2006), pHs próximos à 8,5 indicam que o composto está em fase de maturação e assim permanecem até a fase final. O pH alcalino é influenciado, na vermicompostagem, pela liberação de carbonato de cálcio através de glândulas calcíferas presentes nas minhocas (ALMEIDA, 2011 *apud* BIDONE, 1995; RUPPERT, 2005; GARCIA & ZIDKO, 2006; SOUZA, 2010).

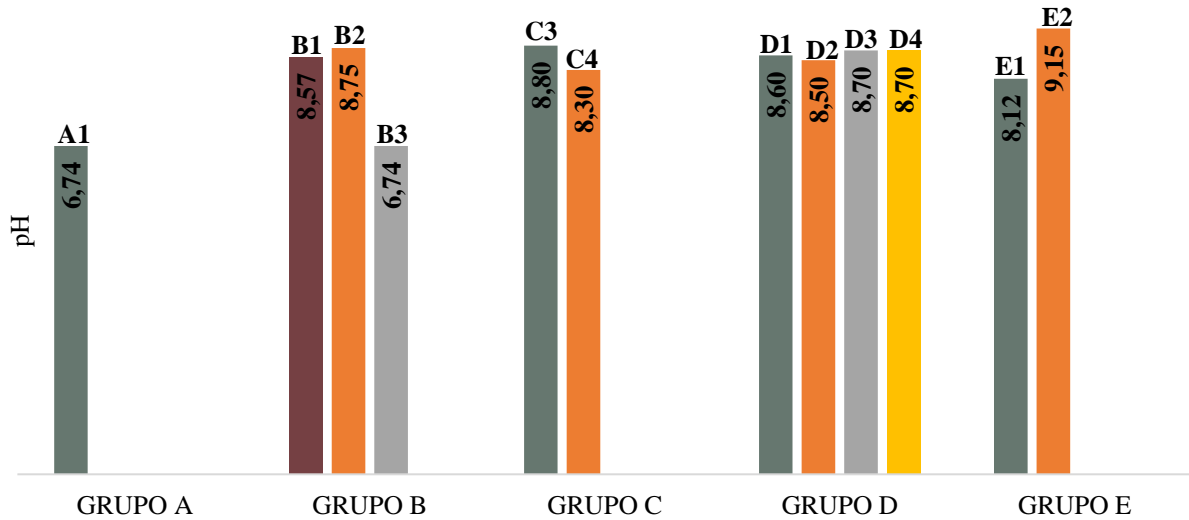


Figura 13 – Valores de pH obtidos para vermicompostos produzidos neste trabalho, comparados aos reportados na literatura.

Observando a Figura 13 pode-se identificar que apenas as substâncias húmicas das composteiras “A1” e “B3” possuem um caráter ácido, podendo indicar falta de maturação, bem como processos anaeróbicos. Uma alternativa para esse problema é melhorar a oxigenação e aeração do vermicomposto, revolvendo a mistura, ou fazer com que o ar circule (OCTAVIANI, 2018). Os demais vermicompostos apresentaram valores pH considerados ótimos para condicionadores de solo (Tabela 1). KIEHL (1985) relata que no início do processo de vermicompostagem é observada a formação de ácidos orgânicos ao citosol celular microbiano, o que torna o meio mais ácido em relação ao início. Contudo, com o decorrer do processo, os ácidos minerais dão lugar aos ácidos orgânicos que reagem com as bases liberadas da matéria orgânica, neutralizando e alcalinizando o meio.

5.2.3. Macronutrientes (NPK) e carbono

Os macronutrientes caracterizam-se por elementos absorvidos pelo vegetal em maiores quantidades – normalmente precisam ser adicionados ao solo por meio de fertilizantes –, os macronutrientes adicionados em maior quantidade são nitrogênio, fósforo e potássio (NPK).

Tabela 3 – Macronutrientes e relação C/N.

Grupo	Composição da amostra	N	P	K	C	C/N
A	A1	2,88	3,25	16,55	34,45	11,96
B	B1	2,53	0,85	0,02	24,31	11,23
	B2	1,93	1,03	0,02	28,05	16,99
	B3	1,26	0,19	0,00	36,55	33,98
C	C1	1,40	0,24	1,50	29,00	21,00
	C2	4,50	0,40	1,20	33,00	7,00
	C3	3,10	0,69	2,80	32,00	10,00
	C4	3,60	0,88	3,20	28,00	8,00
D	D1	2,66	1,88	3,44	33,18	12,47
	D2	2,98	2,29	3,12	36,19	12,16
	D3	2,91	2,06	3,40	37,04	12,74
	D4	2,77	2,42	3,72	35,32	12,73

A1: Resíduos folhagem; B1: Resíduos sólidos vegetais; B2: Resíduos vegetais + esterco; B3: Resíduos vegetais + serragem de madeira; C1: Resíduos; C2: Resíduos; C3: Resíduos; C4: Resíduos; D1: Resíduos compostado (leira triturada e revolvida); D2: Resíduos compostado (leira triturada e revolvida); D3: Resíduos compostado (leira não triturada e revolvida); D4: Resíduos compostado (leira não triturada e revolvida).

Observando os resultados da Tabela 3, constata-se que os valores para os macronutrientes apresentam valores distintos para cada composto, o que leva a aferir que a composição da matéria orgânica influencia a composição final dos macronutrientes, uma vez que a composição de nutrientes varia em cada matéria orgânica.

Analisando a relação C/N verifica-se que os vermicompostos “B3” e “C1” apresentaram carência de nitrogênio e excesso de carbono, o que é um problema, uma vez que o nitrogênio é elemento essencial para o crescimento e reprodução dos microrganismos. Segundo VALENTE et al. (2009) a relação C/N varia numa faixa ampla conforme a matéria prima utilizada para produção do composto.

Segundo Oliveira (2008) em relação baixa de C/N os resíduos tendem a perder nitrogênio na forma amoniacal, o que pode prejudicar a qualidade do composto final e danificar as raízes de plantas. Neste caso é recomendado adicionar mais material rico em carbono, como por exemplo serragem. Já no caso de uma relação alta de C/N, os microrganismos retiram nitrogênio do solo na forma nítrica ou amoniacal, procurando restabelecer o equilíbrio, causando deficiência de nitrogênio nas plantas, podendo chegar em casos mais extremos até a necrose das folhas e morte do vegetal (KIEHL, 1985). Para correção dessa distorção é recomendada a adição de material rico em nitrogênio ao composto.

5.2.4. Dificuldades enfrentadas e perspectivas futuras

Durante o processo de vermicompostagem observou-se o surgimento de larvas (Figura 14), posteriormente identificadas como sendo da espécie *Hermetia illucens*, conhecidas popularmente como “moscas soldado”. Segundo Octaviani (2018) (*apud* NEWTON, 2008) tal espécie de mosca não é uma praga, podendo inclusive auxiliar no processo de decomposição da matéria orgânica, reduzir o desenvolvimento de outras espécies de moscas, reduzir microrganismos patogênicos como a *E. coli*, *Salmonella entérica* e várias outras substâncias tóxicas, além de reduzir odores. Todavia, o surgimento destas está ligado a processos anaeróbios, desta forma foi necessário aumentar as condições de aeração, de forma mecânica, com o auxílio de ancinho de mão.



Figura 14 – Larvas de “moscas soldado” (*Hermetia illucens*) no processo de produção da substância húmica.
Fonte: autor.

Devido ao fechamento dos laboratórios da Universidade de Brasília (UnB) durante a pandemia da COVID 19, não foi possível a realização de todas as análises. Esperava-se obter mais parâmetros necessários à comparação dos dois vermicompostos de modo a evidenciar uma possível diferença nas características químicas e físicas do produto final. Com isso seria possível aferir, com mais confiabilidade, qual a melhor composição do material orgânico de origem para produção do composto.

6. CONCLUSÃO

Após análises dos resultados, verificou-se que o produto final do processo de vermicompostagem – substância húmica – é influenciado pela matéria orgânica, principalmente com relação aos macronutrientes e densidade, pois a concentração do macronutriente depende da concentração da matéria prima inicial e a densidade é influenciada pela natureza, dimensões e forma como se encontram dispostas as partículas no solo. Os demais parâmetros apresentam certo padrão para fase de maturação do composto.

Com relação ao uso dos compostos para fim de condicionador de solo, as substâncias húmicas apresentaram alguns déficits de nutrientes, mas apenas os “B3” e “C1” apresentaram uma relação C/N indesejado com valores 33,98 e 21,00, respectivamente. A variação de nutriente é normal devido à matéria prima inicial, já a relação C/N indica a carência de nitrogênio ou carbono – os dois principais elementos para um condicionador de solo.

Considera-se, por fim, que o processo de compostagem tem um papel significativo no aproveitamento do material orgânico. A confecção de composteiras domiciliares tende a se tornar uma prática mais frequente em grande parte dos condomínios, mesmo que por força de lei, mostrando a importância dessa técnica para destinação correta dos materiais orgânicos. É importante ressaltar que, mesmo que não apresentem todas as especificações ideais para serem considerados como fertilizantes orgânicos, os vermicompostos apresentam potencial para serem utilizados na agricultura e/ou em jardins.

REFERÊNCIAS

- ALEF, K. & NANNIPIERE, P. **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. London: Academic Press. 576p. 1995.
- ALMEIDA, G. R. **Tratamento de resíduos agropecuários através do processo de vermicompostagem**. 2011. 79 f. Dissertação (Mestrado) – Área de conhecimento Produção Animal. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2011.
- AMORIM, A. C; LUCAS JUNIOR, J.; RESENDE, K.T. Compostagem e vermicompostagem de dejetos de caprinos: efeito das estações do ano. **Revista Engenharia Agrícola**, v.25, n.1, p.57-66, 2005.
- ARGÔLO, R. C. **Avaliação de composto e vermicomposto da casca do cacau e do tegumento de amêndoa do cacau e do esterco de suíno, como mitigadores de impacto ambiental**. 2002. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Santa Cruz. Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente. Ilhéus, Ba.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil de 2020**. São Paulo, 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 10004: **Resíduos Sólidos** – Classificação. Rio de Janeiro-RJ, 2004. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
- ÁVILA, G. C.; SAMUEL, P. R. da S.; CAMPANI, D. B.; TUBINO, R. M. C. **Análises físico-químicas de compostos orgânicos de processos de Vermicompostagem em diferentes ambientes da sociedade**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Gramado, 2020.
- BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. São Carlos: EDUSP, 1999.
- BOSCO, T. C. D. et al. **Compostagem e vermicompostagem de resíduos sólidos: resultados de pesquisas acadêmicas** [livro eletrônico]. São Paulo: Blucher, 2017. 266 p.; PDF; il. color.
- BRASIL. Lei nº 12.305, 2 de agosto de 2010. Institui a política nacional de resíduos sólidos; antea a lei nº 9.605 de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 3 ago. 2010, seção 1, p.3ª.
- CASTILHOS Jr., A. B et al. **Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte**. Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003. 294 p.: il. Projeto PROSAB.
- COTTA, J. A. de O. et al. **Compostagem versus vermicompostagem: comparação das técnicas utilizando resíduos vegetais, esterco bovino e serragem**. Engenharia Sanitária e Ambiental [online]. 2015, v. 20, n. 1 [Acessado 28 outubro 2021], pp. 65-78. Disponível em:

<<https://doi.org/10.1590/S1413-41522015020000111864>>. ISSN 1809-4457.
<https://doi.org/10.1590/S1413-41522015020000111864>.

DEUEL, L. E. e HOLLIDAY, G. H. **Soil Remediation for the Petroleum Extraction Industry**. PennWell, 2nd. Ed., TULSA, U.S.A., 242p.1997.

DISTRITO FEDERAL. Lei nº 6.518, 12 de março de 2020. Dispõe sobre a obrigatoriedade de tratamento dos resíduos sólidos orgânicos no Distrito Federal por processos biológicos. **Diário Oficial [do] Distrito Federal**, Brasília, DF, 16 abr. 2020, nº 72, seção 1, 2 e 3.

FERREIRA, R. G. **Propriedades físico-químicas de húmus comercial e de húmus doméstico obtidos por vermicompostagem e de solo**. Cuiabá, 2017. 30 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2017.

GUERMANDI, J. I. **Avaliação dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos dos fertilizantes orgânicos produzidos pelas técnicas de compostagem e vermicompostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos coletada em estabelecimentos alimentícios de São Carlos/SP**. 2015. 163 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

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

KIEHL, E. J. **Manual da Compostagem: Maturação e Qualidade do Composto**. 4ªed. Piracicaba, 173p. 2004.

LORENZO, M. **PEDOLOGIA – Morfologia: Retenção de Água no Solo**. Disponível em: <<https://marianaplorenzo.com/2010/10/18/pedologia-morfologiaretencao-de-agua-no-solo/>> Acesso em: 26/10/2021.

LOURENÇO, N. M. G. **Características da minhoca epígea Eisenia foetida – benefícios, características e mais-valias ambientais decorrentes de sua utilização**. Lisboa, 5p. 2010.

OCTAVIANI, C. P. Conheça a mosca soldado negra. Disponível em:<<https://aalternativadapermacultura.wordpress.com/2018/06/19/conheca-a-mosca-soldado-negra/>>. Acesso em: nov. 2021

PEIXOTO, R. T. G. **Compostagem: princípios, prática e perspectivas em sistemas orgânicos de produção**. In: AQUIMO, A. M; ASSIS, R. L. (Ed.). **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p.387-422.

PELIZER, L. H.; PONTIERI, M. H.; MORAES, I. de O. BIOTECNOLÓGICOS COMO PERSPECTIVA DE REDUÇÃO DO IMPACTO. **Journal of Technology Management & Innovation**, v. 2, n. 1, p. 118–127, 2007.

PEREIRA, I. H. A. **Caracterização e estudo comparativo de composto orgânico produzido através da vermicompostagem**. 2019. 38 f., il. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Química Tecnológica) – Universidade de Brasília, Brasília, 2019.

SANTOS, P. D. M. **Estudo da densidade das partículas, densidade aparente e da porosidade total como base para verificar se o solo da área experimental do icsez/ufam/parintins está ou não compactado.** Parintins, 2011. 36 f. Relatório Final Programa Institucional De Iniciação Científica – Universidade Federal do Amazonas, Parintins, 2011.

SARTORI, H. J. F. **Análise de substratos e parâmetros de controle para a vermicompostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos.** 1998. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1998.

SARTORI, V. C.; RIBEIRO, R. T. Da S.; PAULETTI, G. F.; PANSERA, M. R.; RUPP, L. C. D.; VENTURIN, L. **Compostagem: Produção de fertilizantes a partir de resíduos orgânicos. Cartilha para agricultores.** Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2011.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SENAMENTO. **Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos.** Brasília, 2020.

SOUZA, J. L. de.; REZENDE, P. L. **Manual de Horticultura Orgânica.** 2ª ed. Viçosa: Aprenda Fácil. 2006. 843 p.

TEDESCO, M. L. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais.** 2.ed. Poto Alegre: Dpto. de solos da UFRGS, 1995.

TEIXEIRA, P. C. et al, editores técnicos. **Manual de métodos de análise de solo.** 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2017.574 p.: il. color.

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. (2009). **Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos.** *Archivos de Zootecnia*, v. 58, p. 59-85.