



## ESTUDO E PROJETO DE UMA USINA DE COMPOSTAGEM

SILVA, Matheus da Silva e; CAMARGO, Silvio Cezar de;  
Orientador: Prof. Dr Edgar Manuel Miranda Samudio – Universidade São Francisco  
[matheussilvatr@hotmail.com](mailto:matheussilvatr@hotmail.com)  
[silvimunhoz@yahoo.com.br](mailto:silvimunhoz@yahoo.com.br)

**RESUMO.** Este artigo, tem como objetivo, apresentar soluções para o projeto e execução de uma Usina de Compostagem de Resíduos Orgânicos no município de Munhoz, localizada no sul do estado de Minas Gerais. O fato, da disposição inadequada desses resíduos gerarem grandes impactos no meio ambiente, causando danos à saúde ambiental e pública, dentro desse projeto, são apresentados normas e diretrizes que viabilizam a construção e o funcionamento da Usina. Esses resíduos, que possuem um grande potencial energético, serão submetidos a técnicas de compostagem, para que possam ser utilizados como adubo orgânico. Além da Lei nº 11445/2007, que determina questões em relação ao Saneamento Básico, o Brasil se baseando em práticas já implantadas nos países mais desenvolvidos, criou no ano de 2010 a Lei nº 12305 que regulamenta a Política Nacional dos Resíduos Sólidos. Ela possibilita, que o país enfrente os problemas ambientais e sócio econômicos, que são ocasionados pelo manejo e disposição inadequados dos Resíduos Sólidos Urbanos. Dessa maneira, é possível prevenir e reduzir a produção de resíduos sólidos, realizando práticas de consumo sustentável e utilizando tecnologias, que viabilizam a reutilização de RSU e a destinação final que prevê o menor impacto ambiental.

**Palavras-chave:** Resíduos, Compostagem, Orgânico, Munhoz.

**ABSTRACT.** *This article aims to present solutions for the design and execution of an Organic Waste Composting Plant in the municipality of Munhoz, located in the south of the state of Minas Gerais. The fact that the inadequate disposal of these wastes generates major impacts on the environment, causing damage to environmental and public health, within this project, rules and guidelines are presented that make the construction and operation of the Plant feasible. These residues, which have a great energetic potential, will be submitted to composting techniques, so that they can be used as organic fertilizer. In addition to Law No. 11445/2007, which determines issues in relation to Basic Sanitation, Brazil, based on practices already implemented in more developed countries, created Law No. 12305 in 2010, which regulates the National Solid Waste Policy. It allows the country to face environmental and socio-economic problems, which are caused by the inadequate handling and disposal of Urban Solid Waste. In this way, it is possible to prevent and reduce the production of solid waste, carrying out sustainable consumption practices and using technologies, which enable the reuse of MSW and the final destination that provides for the least environmental impact.*

**Keywords:** Waste, Composting, Organic, Munhoz.

## INTRODUÇÃO

No mundo de hoje, é possível afirmar que o homem que não produz lixo não vive! Essa afirmação pode ser feita, baseando-se no conceito de que tudo que é consumido pelo homem, gera algum tipo de resíduo, desde a casca de uma fruta, até a embalagem de um produto. O que

muda nesse aspecto, é o fato desse resíduo ser ou não aproveitado. Nesse ponto, é possível compreender que o problema pode ser amenizado, mas dificilmente pode ser exterminado.

A preocupação com a destinação correta dos resíduos, é uma prática muito antiga, porém, nunca foi prioridade na maioria das civilizações. Isso é um problema que gera incômodo, porque na mesma intensidade que a população mundial aumenta, também ocorre o aumento na produção de resíduos, e esse aumento, acarreta vários problemas que causam impactos Econômicos, Ambientais e Sociais.

O Brasil é um país que contém dimensões continentais, sua área de 8.514.876,599 m<sup>2</sup>,o classifica como 5º maior país em extensão territorial no mundo. No ano de 2019, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia Estatística, a estimativa populacional era de 210.554.691 habitantes, sendo que, 85% da população vive em centros urbanos, ou seja, potenciais ativos no processo de geração dos Resíduos Sólidos Urbanos.

Segundo a Fundação de Apoio ao Desenvolvimento da Universidade Federal de Pernambuco, no ano de 2010,o Brasil se encontrava em um momento econômico favorável, onde o PIB sofreu um aumento de 7,5% em relação ao ano de 2009, o que acarretou no crescimento na produção de RSU que passou 57.011.136 Tonelada /ano para 60.868.080 Tonelada/ano, um acréscimo de 6,8% na produção de resíduos, onde a gravimetria, em sua média Nacional comparada ao Circuito das Águas, é apresentada na Tabela 1.

**Tabela 1** – Comparativo da Gravimetria dos RSU. Média Nacional e Circuito das águas

<b>Tipo de RSU</b>	<b>Brasil (%)</b>	<b>Circuito das águas SP (%)</b>
Orgânicos	51,4	43
Papel, Papelão e Embalagens longa Vida	13,1	14,5
Metais	2,9	2,4
Plásticos	13,5	19,1
Vidros	2,4	2,1
Diversos	16,7	18,9

Fonte: I & T e CISBRA 2014, PNRS 2011. Adaptação dos Autores.

A Tabela 1, apresenta o grande potencial energético da matéria Orgânica, presente na massa de RSU produzida no Brasil, que acaba sendo descartada de maneira inadequada, com uso de práticas altamente poluentes como: Vazadouro à céu aberto (Lixão), Vazadouro em áreas alagadas e Aterro Controlados.

Para diminuir os impactos causados ao Meio Ambiente, a Compostagem de material orgânico, é um destaque importante, pois ele potencializa o material orgânico transformando em fertilizante.

Através da PNRS imposta pelo Ministério do Meio Ambiente, a prática de compostagem, vem sendo resgatada através da integração no sistema de manejo dos resíduos sólidos com potenciais compradores, criando possibilidades de venda do material.

Segundo FADE/UFPE(2013) e a NBR n° 13.591/2010, as unidades de compostagem, possuem em suas instalações: pátio, equipamentos e devem conter sistemas de drenagem, para efetuar a captação do lixiviado produzido pelas leiras no processo de degradação da matéria, e enviar para estações de tratamento, cujo o projeto pode apresentar características de acordo com a Foto 1.



**Foto 1** -Usina de Compostagem EcoCitrus – Passo da Serra - Montenegro Rio Grande do Sul (Fonte:<http://www.ecocitrus.com.br/index.php/sobre-a-ecocitrus/usina-de-compostagem-3>).

De acordo com PEREIRA NETO (1996) e KIEHL (1998) apud BRUNI (2005), a compostagem é classificada de forma geral em relação à: Biologia, Temperatura, Ambiente e Processos. Dessa forma, suas características implicam em:

**Biologia:**

- realização de processo anaeróbio: ocorre devido à ausência de oxigênio, dessa maneira, a fermentação do material, é realizada por microrganismos que se desenvolvem em ambientes mesmo sem presença de oxigênio;
- processo aeróbio: a reação, ocorre devido ação de microrganismos que se desenvolvem em ambientes com presença de oxigênio;
- processo misto: quanto os processos anaeróbio e aeróbio atuam juntos.

**Temperatura**

- criofílico: quando ocorre proliferação de organismos em temperaturas inferiores a 35°C
- mesofílico: quando ocorre proliferação de organismos em temperaturas que variam entre 40°C e 55°C;
- termofílico: quando os organismos ou bactérias necessitam de temperaturas entre 55°C e 70°C para se desenvolverem.

## **Ambiente**

- aberto: o processo é realizado a céu aberto, através de revolvimento das leiras;
- fechado: quando o processo é realizado em locais fechados, como digestores, reatores, torres, tanques, silos, com a possibilidade de revolvimento da matéria orgânica, por ação mecanizada.

## **Processo**

- estático: que também pode ser chamado de processo natural, ocorre quando a mistura orgânica é disposta em caixas ou leiras para fins de compostagem orgânica;
- dinâmico: esse processo, também é conhecido como acelerado, através dele, é possível diminuir o tempo de compostagem aliando adição de enzimas e aeração forçada.

“Os métodos de compostagem geralmente podem ser divididos em natural e acelerado” KIEHL, (1998); PEREIRA NETO, (1996) apud BRUNI, (2005). Segundo a FADE/UFPE, o que difere os dois métodos, são as características para promover a transformação da massa. No método natural, o material orgânico é disposto em pátios com leiras de formatos diversos, o processo de aeração ocorre com auxílio de reviramentos, realizados de maneira manual ou mecanizada, com intervalos regulares durante todo processo, que varia entre 90 a 120 dias. O método acelerado, utiliza tecnologias para facilitar a maturação. Essa tecnologia, consiste no uso de tubulações localizadas abaixo da leira de material orgânico, facilitando o processo de aeração ou em reatores rotativos, que geralmente possuem giro contrário a corrente do ar. Após esse processo, o material é disposto em leiras como no processo natural. O tempo total varia entre 60 a 90 dias.

Segundo a FADE/UFPE (2013), ocorrem divergências em alguns estudos sobre a melhor forma para determinar, qual método de compostagem deve ser utilizado. O Manual de Implantação de Compostagem e Coleta Seletiva do Ministério do Meio Ambiente (2010), indica que a compostagem em leiras com reviramento manual ou mecânico, é recomendado para unidades que possuem capacidade de processamento inferior a 100 Ton./dia. O Compromisso Empresarial Para Reciclagem/Instituto de Pesquisas Tecnológicas apud (SCHALCH 2002), recomenda que a escolha do método natural, deve contemplar municípios que possuem população inferior a 150 mil habitantes. O método acelerado, é recomendado pelos mesmos autores, mas implica uma demanda de produção de resíduos e população superiores ao método natural. Assim, a população deve ser superior a 300 mil habitantes e capacidade de processamento superior a 100 Ton./dia.

Segundo a FADE/UFPE (2013), os custos de operação de uma Usina de Compostagem estão relacionados ao seu nível tecnológico. Dessa maneira, os custos de instalação do sistema de compostagem em leiras, são inferiores quando são relacionados aos sistemas de aeração abertos. Quando são considerados os sistemas fechados, é possível observar índices de custo bem menores.

Como foi citado acima, a média de material orgânico presente na massa de RSU no Brasil, é de aproximadamente 51,4%. Dessa maneira, um município que produz 32 Ton./dia de massa, contém em sua gravimetria, aproximadamente 16,45 Ton./dia de material orgânico. Assim a compostagem natural, é a tecnologia mais adequada para municípios com produção de RSU desse porte. As instalações da Usina de Compostagem, devem possuir reviradores de leiras com pás mecânicas, porém, sem a necessidade de instalação de aeradores forçados.

De acordo com a FADE/UFPE (2013), os custos de mão de obra, variam de acordo com o porte do município e a tecnologia empregada. Nos municípios de grande porte, os custos de mão de obra não chegam a 20%, enquanto nos municípios de menor porte, que possuem a necessidade de utilizar reviramento manual, os custos podem chegar a 40%.

Pelo potencial de culturas agrícolas presentes em Munhoz, o município pode absorver a produção do composto. De acordo com o site de do IBGE em 2018, 381 propriedades faziam uso de adubação, sendo que, 313 utilizam adubos químicos, 20 orgânica e 48 utilizam adubação mista. Levando em conta esses fatores, esse artigo tem como objetivo, a viabilização da construção de Usina de Compostagem no Município de Munhoz, para assim, amenizar os problemas ocasionados pela destinação inadequada dos RSU, adequando o município, dentro das normas ambientais impostas pelo governo, possibilitando destinar os resíduos corretamente, gerando valor econômico e causando o menor impacto possível.

## **METODOLOGIA**

A Lei Federal de Saneamento Básico (2007), determina que os serviços de Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos são considerados públicos, compostos por atividades de: Coleta, Transbordo e Transporte de resíduos, Triagem de materiais recicláveis, Compostagem e Disposição final de resíduos.

Dentro parâmetros da PNRS (2010), estão presentes instrumentos de cooperação técnicas e econômicas, que podem ser utilizadas para realizar incentivos, que contemplem o cumprimento de objetivos e metas determinadas, para gestão adequada de RSU. Esses instrumentos previstos na PNRS, dão prioridade a sistemas de incentivos de créditos financeiros e fiscais. Através desses incentivos, é possível atingir melhores índices em relação ao tratamento de RSU.

Segundo o MMA (2010), a gestão de RSU, sinaliza para sistemas que atuam dividindo responsabilidades, realizando gestão integrada sendo controlada externamente.

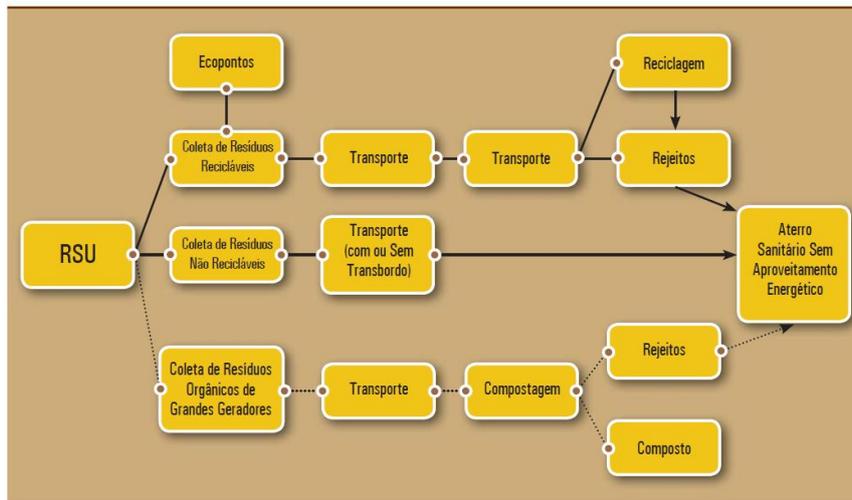
Os arranjos institucionais, são responsáveis pela implementação de gestão e manejo de RSU, prestação de serviços públicos e a limpeza de zonas urbanas, para garantir a aplicação da forma mais adequada de tecnologias que visam a sustentabilidade. Como se trata de prestação de serviços e envolve reponsabilidades que são divididas pela iniciativa Pública e Privada, a sua operação, pode ser utilizada direta ou indiretamente. De forma direta, podendo ser centralizada ou descentralizada. Na forma indireta, depende de concessões, licitações, gestões associadas, que possam compreender os Consórcios Públicos ou Cooperação Técnica, a partir de contratos e programas amparados pela Lei 11.107/2005 e o Decreto de nº6.017/2007.

De acordo com Public Private Infrastructure Advisory Facility (2011), a gestão de RSU, depende da visão do Poder Público, podendo ser realizada de pelas seguintes formas:

- Pública (Gestão Pública Própria): engloba Administração Direta e Indiretas (autarquia, empresa pública ou sociedade de economia mista);
- De forma consorciada com outros entes públicos, através de consórcios públicos ou convênios associativos (Gestão Pública Associada);
- Delegação a iniciativa privada, que pode ser concedida através de Concessão nas suas modalidades abrangendo: Concessão de serviço Público Comum- Consorcio Público;
- Parcerias Público Privada com concessão patrocinada; PPP com concessão administrativa ou Urbanística.
- Autorizações que são sujeitas à regulação setorial para casos que não possuem relações com o serviço público.

A PNRS (2010), apresenta ações de integração entre os entes federativos, que possuem a intenção de utilizar uma política que aproxima as diversas instancias do governo Federal, criando incentivos para arranjos institucionais, possibilitando a integração entre as áreas públicas e privadas. Essa integração intensifica arranjos setoriais em relação as PPP.

A Figura 1, apresenta a Rota Tecnológica que indica todo o caminho percorrido pelo RSU até seu destino final em Aterros Sanitários. Nota-se, que o serviço de coleta, é dividido em três estágios, separando os resíduos de acordo com as características dos materiais, fator que facilita o processo evitando uma triagem posterior, economizando em custos de mão de obra.



**Figura 1** – Rota Tecnológica dos Resíduos Sólidos Urbanos Indicada para Municípios com População Inferior a 30 mil Habitantes - (Fonte: FADE/UFPE Análises das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos no Brasil, Europa, Estados Unidos e Japão. BNDS 2013).

O processo de produção, é iniciado através de coletas diárias dos Resíduos Orgânicos realizada de porta em porta no município de Munhoz, esses materiais, passarão por uma esteira para ser retirados das embalagens. Em seguida é moído, pesado e enviado ao Pátio de Compostagem. Os resíduos resultantes desse processo que não possuem valor energético, terão como destino final o descarte em aterro sanitário. Nesse processo, também serão utilizados resíduos de poda realizadas no município, além de serragem produzida por empresas privadas do setor madeireiro existentes em Munhoz. É importante ressaltar que os resíduos de poda também passarão pelo triturador.

Segundo as premissas do estudo realizada pela FADE/UFPE (2013) em parceria com o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, o método de compostagem previsto para o Município de Munhoz, engloba técnicas do processo natural, dispondo o material orgânico em leiras com reviramento periódico até sua finalização.

Segundo o Manual para Implantação de Compostagem Coleta Seletiva do MMA(2010), a compostagem realiza a decomposição de material orgânico através de digestão aeróbia. Quando a matéria orgânica presente nos RSU entra em contato com ar e água, é iniciado um processo de digestão gerada pela atuação de microrganismos, se transformando em um composto altamente nutritivo com alta capacidade de fertilização do solo.

O processo biológico, deve ser balanceado de forma adequada em relação aos teores de Carbono e Nitrogênio presentes na decomposição do material orgânico e as condições de temperatura, observando os níveis de aeração e umidade do solo durante todo o processo.

O MMA informa, que no método de compostagem natural, o período de maturação até a comercialização, leva até 120 dias passando por 3 estágios, sendo que os 2 primeiros, podem levar de 60 a 90 dias .

**1° Estágio:** tem um prazo estimado de 30 dias. Nesse período, ocorre a degradação da matéria orgânica devido a presença de microrganismos com tipos de metabolismo diferentes, elevando a temperatura do composto que varia de 40°C até 60°C.

**2° Estágio:** A celulose e materiais de características similares, sofrem degradação estimulados pela ação de microrganismos, nesse estágio a temperatura diminui para entre 30°C e 45°C,

**3° Estágio:** Ocorre a maturação ou mumificação e as temperaturas atingem de 20°C a 35°.

Segundo GARRÉ, LUZ, GADOTTI E NAVROSKI (2017), o material orgânico ao fim do processo, perde aproximadamente 70% do volume inicial devido a evaporação dos líquidos presentes na massa durante o reviramento das leiras, assim o composto produzido possui 30% de umidade que deve ser peneirado, embalado e armazenado em galpões cobertos. Eles também recomendam que no galpão sejam instaladas uma empacotadora, uma seladora e uma peneira rotativa com tela de 1 mm, pois a compostagem não possui 100% de eficiência e 5% do produto, volta ao pátio para ser processado.

De acordo com MMA (2010), a temperatura é de suma importância para realizar o controle da compostagem. No fim dos dois primeiros estágios, ocorre um processo onde a matéria orgânica é estabilizada, ele é conhecido como bioestabilização. Para garantir que o composto seja bioestabilizado de maneira adequada, é necessário fazer um balanceamento entre carbono e nitrogênio. Eles são principais nutrientes presentes nesses compostos, onde o Carbono atua como fonte de energia, enquanto o nitrogênio tem papel importante na síntese dos materiais. Ao iniciar a mistura dos compostos, é importante considerar que os materiais ricos em carbono como palhas, serragem, e resíduos de poda, possuem um processo de degradação mais lento, que pode até ser interrompido. Já os resíduos domiciliares ricos em nitrogênio como restos de alimentos e frutas, sofrem o processo de maneira mais rápida.

O MMA (2010), recomenda que para realizar o tratamento do composto adequado aos seus padrões, a matéria orgânica que será degradada, deve ser empilhada em leiras para realização da compostagem. A montagem das leiras deve obedecer a relação C/N de 25:1 a 30:1 no estágio inicial do processo. Os RSU possuem boas condições para compostagem, desde que ocorra um equilíbrio na mistura. Vale ressaltar, que por se tratar de um processo que sofre com muitas variáveis, é possível adequar a proporção dos materiais a outras circunstâncias que variam em torno desse percentual.

A altura da leira varia de acordo com o método que será utilizado, manual ou mecanizado. Para trabalhos manuais, as leiras devem possuir 1 metro de altura e 2 metros de largura, enquanto as leiras de reviramento mecanizado, 2 metros de altura e 4 metros largura.

Segundo McKINNEY, (1962), PERIERA NETO, (1996), KIEHL, (1998), CEMPRE (2001) apud BRUNI (2005), durante o processo de compostagem, graças a reações metabólicas realizadas por microrganismos presentes no composto orgânico, a temperatura atinge aproximadamente 70°C, fato recorrente até o septuagésimo dia. Dessa maneira, para oxigenar o composto, deve ser realizado o revolvimento da massa a cada 3 dias até que o material atinja o estágio de semi curado e a temperatura seja estabilizada em relação a temperatura ambiente, utilizando leiras com altura máxima de 2 m e largura máxima de 3m.

Segundo o MMA, o dimensionamento do Pátio pode ser obtido através dos seguintes passos: Levantamento do número de habitantes, Quantidade de RSU gerada em kg (Q), Altura (H), Base da Leira (B), Densidade da Mistura (D), Duração do período de compostagem em dia (d) e o Fator de Segurança de 10%(f) .A área do Pátio deve ser impermeabilizada com argila compactada a uma espessura de 0,30 m e possuir uma declividade de 2% relacionada ao ponto de captação de efluentes .O lixiviado produzido durante esse processo, é captado por um sistema de tubulações que conduz a um tanque de armazenamento. Em seguida, é recolhido por caminhões e encaminhada para estações de tratamento. A drenagem pluvial será realizada por um sistema de calhas de concreto conduzindo para galerias pré-existentes no local.

Após o levantamento de dados, os cálculos são realizados de acordo com as seguintes fórmulas:

$$\text{Área da leira } (A_s) = \frac{B \times H}{2}$$

$$\text{Volume da leira } (V) = \frac{Q}{D}$$

$$\text{Comprimento das leiras } (L) = \frac{V}{A_s}$$

Em seguida, a partir das dimensões encontradas acima são efetuados os cálculos de:

$$\text{Área de ocupação da leira } (A_b) = B \text{ (base da leira)} \times L \text{ (comprimento)}$$

$$\text{Área de folga } (A_f) = (A_b) \rightarrow \text{a área de folga corresponde a área de ocupação da leira}$$

$$\text{Área útil } (A_u) = (A_b + A_f) \times d \rightarrow \text{Deve-se somar a } A_b \text{ e } A_f \text{ multiplicando o resultado por 120 dias}$$

$$\text{Área extra } (A_e) \text{ em relação ao } f = A_u \times f \rightarrow \text{multiplicação da } A_u \text{ pelo fator de segurança de 10\%}$$

$$\text{Área total} = A_u + f \rightarrow \text{somar } A_u \text{ e } A_e$$

Outro fator que deve ser explorado no dimensionamento do pátio, é a questão do lixiviado produzido durante a realização da compostagem. Esse líquido percolado deve ser recolhido e tratado. Segundo GORGATI (2001) Apud PRAMPOLIM, MACEDO E GONSALEZ (2015) uma leira coberta com área 6 m<sup>2</sup>, produz em média 11,5 litros por mês no decorrer de 1 ano. Deve-se considerar um acréscimo de 20% como coeficiente de segurança no volume produzido.

Segundo o CLIMATE-DATA.ORG, o índice de pluviosidade anual de Munhoz, é de 1623 mm. Dessa maneira, para definir do porte do sistema de tratamento de água que receberá esse líquido percolado, foi considerado a instalação de um pátio coberto, o número de leiras presentes no pátio, área de ocupação das leiras e a quantidade de litros gerados nesse processo.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A área do atual Aterro sanitário de Munhoz que possui aproximadamente 25.000 m<sup>2</sup>, foi sugerida para o estudo de implantação da Usina de Compostagem no Município. Ele está localizado a 3,5 quilômetros do centro da cidade a uma altitude 1387 metros acima do nível do mar. O curso d'água mais próximo, está a 532 metros das dependências do aterro.

Segundo o censo do IBGE em 2010, Munhoz possuía 6257 habitantes. A última estimativa em 2019, apresenta uma população de 6029. A coleta dos RSU é feita diariamente com produção de 6 toneladas/dia, que resultam em 180 toneladas/mês. Considerando a média nacional da matéria orgânica presente na massa de RSU de 51,4%, foi estimado que o peso desse material corresponde a aproximadamente 3 toneladas/dia e 90 toneladas/mês. Dessa maneira, os dados para realização dos cálculos são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2** – Dados para cálculos para dimensionamento de pátios de Usina de Compostagem

Item	Quantidade	Unidade
Leira de seção triangular bxh 1,5 x 1,5 m.	1	m <sup>2</sup>
Fator de segurança (f)	10	%
Tempo total do processo (d)	120	Dias
Quantidade Resíduos (Q)	3084	kg
Número de Habitantes	6029	Habitantes
Densidade da Mistura peso específico(D)(MMA 2010)	550	Kg/m <sup>3</sup>
Líquido percolado por leira de 6 m <sup>2</sup>	11,5	Litros /mês

Fonte: GORGATTI 2001, MMA 2010, IBGE 2019, Prefeitura Municipal de Munhoz, adaptação dos autores

Para os cálculos das dimensões do Pátio da usina, foram utilizados : uma leira de seção triangular com dimensões de 1,5 m de base e 1,5 m de altura, a quantidade de matéria orgânica produzida no município estimada em 3.084,00 kg , a densidade da matéria orgânica estimada pelo MMA(2010) de 550 kg/m<sup>3</sup>, a produção de uma leira por dia ao longo do período de 120 dias, o maior prazo para maturação do produto, além de acrescentar 10% a área calculada como fator de segurança. Após a realização dos cálculos, foram obtidos os valores apresentados no Quadro 1:

**Quadro 1**– Dimensionamento do Pátio de Compostagem

Dimensões	Resultados Obtidos
Comprimento da leira (C)	4,98 m
Área da seção (As)	1,125 m <sup>2</sup>
Volume da Leira (V)	5,61 m <sup>3</sup>
Área da leira (Ab)	7,48 m <sup>2</sup>
Área de folga e reviramento da leira (Af)	7,48 m <sup>2</sup>
Área útil (Au)	14,95 m <sup>2</sup>
Área extra em relação ao f (Ae)	16,45 m <sup>2</sup>
Área total (At)	1973,76 m <sup>2</sup>
Volume de Líquido percolado	1,72 m <sup>3</sup> /mês

As dimensões em relação a leira, são compostas por C=4,98 m, As= 1,125m<sup>2</sup>, V=5,61 m<sup>3</sup>, Ab 7,48 m<sup>2</sup>, Af =7,48 m<sup>2</sup>, Au =14,95 m<sup>2</sup> e Ae=16,45 m<sup>2</sup>. A área total do pátio necessária para montagem de 120 leiras corresponde a 1973,76 m<sup>2</sup>. É importante ressaltar, que o volume de líquido percolado produzido mensalmente no pátio em sua capacidade máxima, é de 1,72 m<sup>3</sup>/mês.

A usina contará, com 3 tanques de 15 m<sup>3</sup> para armazenamento de água das chuvas, que serão utilizadas nos sanitários e na produção de composto orgânico, além de um reservatório de 5 m<sup>3</sup> para utilização dos funcionários. Para captação do lixiviado, será instalado 1 tanque de 15 m<sup>3</sup> com possibilidade de drenagem a cada 60 dias ou de acordo com a necessidade.

Segundo as normas N°013/2012 e 014/2014 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, a Usina de Compostagem de Munhoz, será caracterizada como uma Usina de Pequeno Porte devido a quantidade de material tratada ser inferior a 30 toneladas/dia.

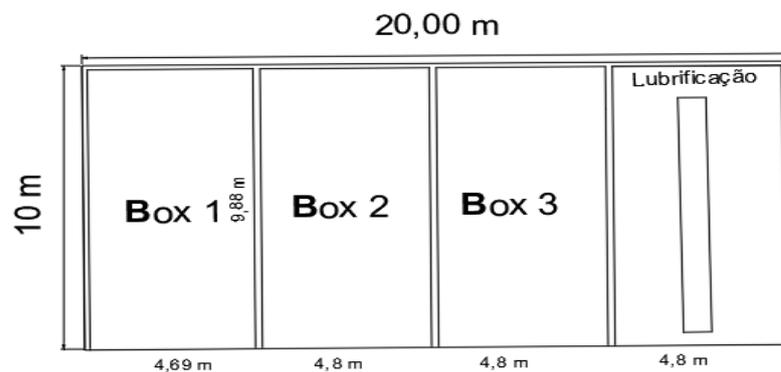
A Foto 2, apresenta o layout do projeto da Usina com dimensionamento do pátio seguindo as dimensões determinadas pelos resultados que são apresentados no Quadro 1.



**Foto 2**– Proposta de Layout das instalações da Usina de Compostagem. Fonte: Google Earth / Autores

De acordo com as recomendações do MMA, o complexo da Usina Compostagem, foi projetado com o sistema de drenagem para coletar o lixiviado produzido durante a compostagem do material orgânico, Galpão de Triagem, Prédio Administrativo, Depósito de suprimentos e produtos que serão comercializados, Sanitários, Cozinha, Refeitório, Arquivos, Portaria para controlar o acesso, além do sistema de calhas para drenagem pluvial.

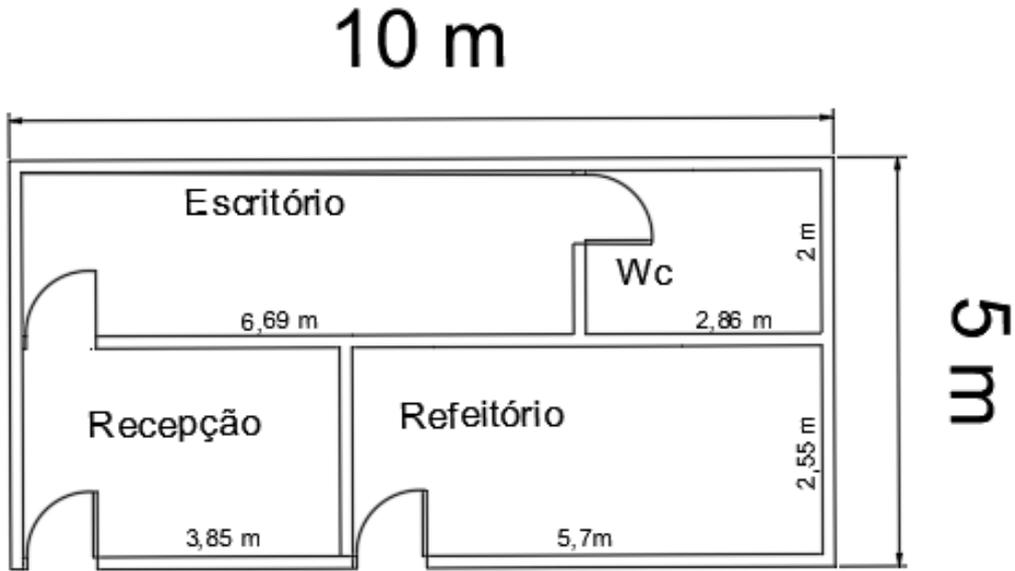
A Figura 2, apresenta o layout da Garagem dos Equipamentos que serão utilizados nas dependências do complexo de Compostagem.



**Figura 2**– Proposta de Layout da Garagem da Usina de Compostagem. Fonte. Autores

A garagem possui 200 m<sup>2</sup>, onde estão representados três Box que abrigarão os equipamentos após a jornada de trabalho e também poderão ser utilizados para realização de serviços de manutenção. O box quatro, foi reservado para serviços de lubrificação e limpeza dos equipamentos.

A Figura 3, apresenta o layout do Prédio Administrativo.



**Figura 3**– Proposta de Layout do Prédio Adm. da Usina de Compostagem. Fonte: Autores

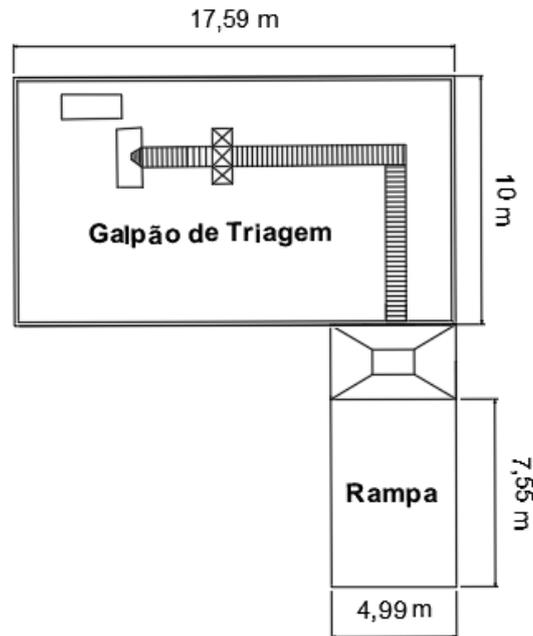
O prédio Administrativo, possui 50 m<sup>2</sup>. Foi dimensionado de acordo com as indicações do MMA, com Escritório, Banheiro, Recepção e uma área destinada para Cozinha e Refeitório. A Figura 4 apresenta o layout do Deposito de Materiais.



**Figura 4**– Proposta de Layout do Depósito da Usina de Compostagem Fonte: Autores

O Deposito possui 300 m<sup>2</sup>. Nele estão localizados 2 banheiros para os funcionários, além de um espaço 228,59 m<sup>2</sup>, reservados para armazenamento de materiais.

O layout do galpão de triagem é apresentado na Figura 5.



**Figura 5**– Proposta de Layout do Galpão de Triagem da Usina de Compostagem. Fonte: Autores

O Galpão de Triagem possui 175,9 m<sup>2</sup>. Estão localizados esteiras, balança, moedor e a rampa de acesso de acesso para os caminhões descarregarem a matéria orgânica. É o último estágio da matéria orgânica recolhida no Município de Munhoz, antes de ser depositada no pátio para ser transformada em composto.

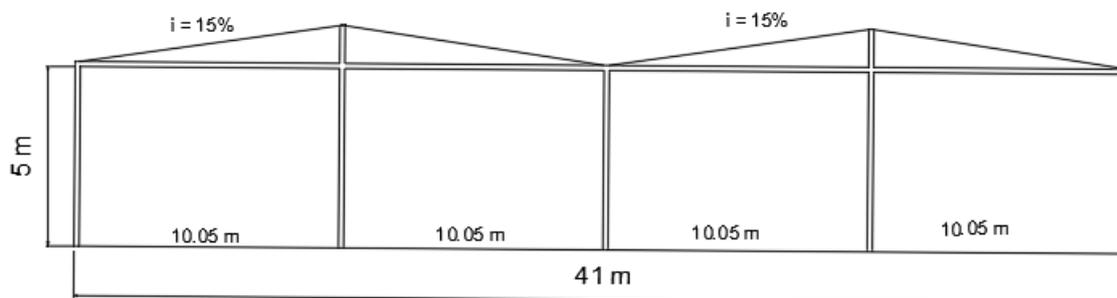
A Figura 6, apresenta o projeto do complexo de compostagem evidenciando as cotas de nível do terreno.



**Figura 6**– Proposta de Layout Usina de Compostagem. Fonte: Autores

A representação na Figura 6, facilita a visualização do tanque de armazenamento de água potável na coloração azul piscina, os tanques de água captada de chuvas em azul marinho e o tanque de armazenamento do lixiviado na cor marrom.

A Figura 7, apresenta a fachada do Pátio de Compostagem.



**Figura 7**– Fachada do Pátio de Compostagem. Fonte: Autores

Devido a suas dimensões de 2091 m<sup>2</sup>, o Pátio de Compostagem, foi dividido em dois galpões para facilitar a instalação da cobertura com inclinação 15%. Será instalado um sistema de calhas, que direciona à água captada das chuvas para os tanques de armazenamento. Essa água poderá ser reutilizada em sanitários e na umidificação das leiras.

Após a execução do Projeto da Usina com representação das vias, galpões e sistemas de drenagem, os custos referentes a construção da Usina são representados no Quadro 2.

**Quadro 2** – Investimento Obras Civis – Orçamento Baseado na Tabela SETOP MG 05/2020 e SINAPI 05/2020.

Serviços	Preço em R\$
Terraplanagem	81.471,23
Fundações	313.152,41
Pilares, Vigas e Estruturas	366.896,04
Alvenaria	50.487,71
Portaria	11.041,38
Revestimento	74.197,50
Instalação Hidráulica	19.480,21
Gradil	38.616,30
Telhado	172.379,59
Esquadrias	20.834,50
Pintura	23.851,02
Instalações Elétricas	51.365,25
Drenagem	367.366,15
<b>Total:</b>	<b>R\$ 1.591.139,29</b>

O custo total de R\$ 1.591.139,29 da Usina, está relacionado a todos os itens e serviços, de acordo com as etapas enumeradas pelo Quadro 2. Os custos mais relevantes, estão presentes nos serviços de Pilares, Vigas e Estruturas, representando 23% do custo construção, com valor de R\$ 366.896,04. O serviço de Drenagem 23 %, com custo de R\$ 367.366,15 e Fundações 20%, com custo de R\$ 313.152,41.

Para conscientização da população, que terá papel importante no processo, deve ser reservado uma verba de R\$ 30.000,00, que será utilizada em panfletagem, comerciais em rádios locais, palestras e reuniões.

Os custos relacionados a aquisição de equipamentos, estão representados no Quadro 3, sendo baseados no porte da Usina de Compostagem.

**Quadro 3** -Relação de Equipamentos para a produção de fertilizantes com capacidade de cinco toneladas/dia- Outra Economia 2013- Valores corrigidos pela Inflação.

Itens	Quantidade	Preço em R\$
Moega de Esteira para Produto Básico	1 un	44.160,80
Moinho de Orgânicos	1 un	25.498,89
Esteira de Elevação para a Peneira	1 un	34.497,24
Peneira Vibratória	1 un	46.232,37
Esteira de Saída da Peneira	1 un	34.323,20
Moega de Rosca para Ensaque	1 un	16.094,38
Rosca Transportadora para Ensacadeira	1 un	18.291,50
Ensacadeira com Balança	1 un	21.791,99
Medidor de pH	1 un	11.87,50
<b>Total:</b>		<b>R\$ 272.077,46</b>

Os equipamentos que apresentação custos mais elevados, são Peneira Vibratória, que ocupa 17% do custo com preço de R\$ 46.232,37 e a Moega de Esteira representando 16% e custo de R\$ 44.160,80.

O investimento em utensílios e ferramentas, também devem ser considerados para o investimento inicial, respeitando a relação de itens indicadas pelo MMA (2010).

**Quadro 4** – Investimento em Utensílios e Equipamentos Segundo o Manual de Implantação de Compostagem e Coleta Seletiva Ministério do Meio Ambiente 2010. Valores Corrigidos pela Inflação.

Itens	Quantidade	Preço em R\$
Termômetro de solo 80cm	1 un	308,74
Peneira manual malha 8mm	1 un	23,16
Carro de mão plástico	1 un	151,71
Pá	1 un	77,18
Enxada	1 un	77,18
Mangueira 50 m 3/4"	1 un	347,33
Regador plástico 10 L	1 un	38,59
Vassoura	1 un	9,65
Vassoura metálica	1 un	38,59
Balde 20 L	1 un	38,59
Motosserra	1 un	4024,08
Triturador de galhos	1 un	2894,43
Balança	1 un	4679,32
Computador	1 un	2315,54
Impressora	1 un	526,79
Mesa	4 un	328,04
Cadeira	1 un	96,48
Armário	1 un	559,59
Arquivo de aço	1 un	559,59
Microondas	1 un	474,69
Geladeira	1 un	1261,97
Fogão	1 un	673,44
<b>Total:</b>		<b>R\$ 19504,67</b>

Na elaboração do projeto, os itens relacionados no Quadro 4, podem possuir uma durabilidade reduzida, entre eles estão vassouras, baldes, mangueiras e outros, porém na instalação da Usina, não foram considerados os custos de reposição de equipamentos.

Os custos de Operação e Manutenção, são relacionados aos gastos para a realização dos serviços de Compostagem, sendo apresentados no Quadro 5.

**Quadro 5 – Operação e Manutenção segundo o Manual de Implantação de Compostagem e Coleta Seletiva Ministério do Meio Ambiente 2010 - Valores corrigidos pela Inflação.**

Itens	Justificativa	Custo mensal em R\$
Energia	5451 Kw /mês	2711,05
Telefonia	Custo médio na região	200,00
Internet	Custo médio na região	90,00
Seguro	0,7% do valor do prédio por ano	928,16
Manutenção do prédio	25% do valor do prédio ao longo da vida útil estimada em 30 anos	1104,96
Manutenção dos equipamentos	85% do valor ao longo da vida útil 10 anos	127,85
Material de copa e limpeza	café, açúcar, adoçante, papel higiênico, papel toalha, sabonete, água sanitária, vassoura, rodo, mangueira, balde, sabão em pó, panos, detergente, esponja	100,00
Sacos para composto 60 kg	2250	606,5
Auxiliar administrativo	Faixa salarial de acordo com MMA no Ano de 2010 e valor corrigido pela inflação no período de 01/2010 a 05/2020 adicionando 20% de insalubridade.	2694,62
Montador de leira	Faixa salarial de acordo com MMA no Ano de 2010 e valor corrigido pela inflação no período de 01/2010 a 05/2020 adicionando 20% de insalubridade.	2640,83
Revirador de leira	Faixa salarial de acordo com MMA no Ano de 2010 e valor corrigido pela inflação no período de 01/2010 a 05/2020 adicionando 20% de insalubridade.	2642,06
Auxiliar de pátio	Faixa salarial de acordo com MMA no Ano de 2010 e valor corrigido pela inflação no período de 01/2010 a 05/2020 adicionando 20% de insalubridade.	1417,11
<b>Total:</b>		<b>R\$ 15.263,14</b>

Os custos de Operação e Manutenção são mensais, baseados na produção da Usina e a mão de obra empregada, com atuação direta no fluxo de caixa. Estão relacionados, gastos com Energia Elétrica, Manutenção, Telefonia, Seguro e Salário dos Colaboradores envolvidos.

De acordo com o MMA, estima-se que cada 1 quilo de material orgânico processado, renda aproximadamente 0,5 quilos de composto, fator que levaria a Usina de Compostagem de Munhoz a uma produção mensal de 45 toneladas por mês ou 540 toneladas por ano.

A Usina de Compostagem, foi projetada para realizar a produção mensal de 2250 sacos de 20 quilos, vendidos a preço médio de R\$ 25,00, que geraria um capital de R\$ 56.250,00, com sua receita bruta anual atingindo R\$ 675.000,00. O preço médio para a venda do produto, foi determinado se baseando em cotações de mercado.

Segundo o IBGE, a Classificação Nacional de Atividade Econômica, enquadra as Unidades de Compostagem no item 3839-4/01, cujo os serviços realizados estão relacionados a obtenção de fertilizantes através de degradação biológica de matéria orgânica não perigosa. A partir dessa classificação, é possível consultar a taxa de impostos que serão cobrados da

empresa no período de 12 meses. Considerando sua receita bruta, a Usina de Compostagem ocupara a 3ª faixa, que compreende lucros anuais entre R\$ 380.000,00 e R\$ 720.000,00, com alíquota de 7,95 %, que é composta pela relação presente na Tabela 3 .

**Tabela 3 – Impostos que compõe o montante de juros 7,95 %**

IMPOSTO	PORCENTAGEM (%)	VALOR (R\$)
IRPJ	0,44%	2902,5
CSLL	0,28%	1890
COFINS	0,91%	6075
PIS	0,20%	1350
CPP	2,98%	19912,5
ICMS	2,54%	17010
IPI	0,60%	3982,5
<b>Total</b>	<b>7,95%</b>	<b>R\$ 53662,50</b>

Fonte: Classificação Nacional de Atividade Econômica 3439-4/01 (www.contabeis.com.br/ferramentas/simples-nacional/3839401)

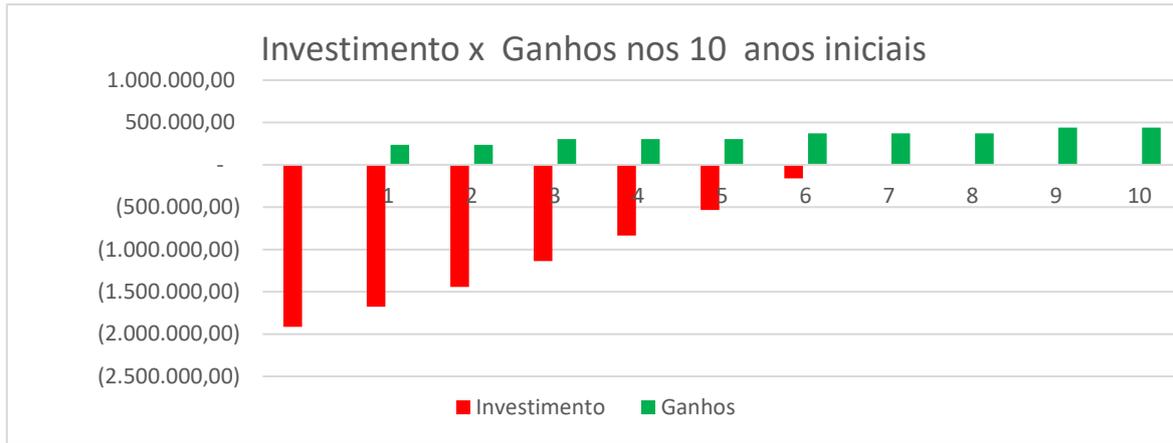
Após a verificação dos gastos com Impostos, Operação e Manutenção, o fluxo de caixa da Usina de Compostagem em um cenário onde a 100% de sua produção é vendida, resulta em um lucro mensal de R\$ 36.514,99, atingindo anualmente R\$ 438.179,82. Considerando esses valores, foi realizada uma análise de VPL, utilizando a TMA de 8,5%, relacionada ao serviço de compostagem, analisando um período de 10 anos, onde a meta de vendas é de 90% da produção. O cenário intermediário é de 80%, e o pior cenário representa a venda de 70 % da produção. O melhor cenário possível, representaria 100% das vendas e os valores correspondentes estão representados no Quadro 7.

**Quadro 7- Análise do VPL no período de 10 anos após instalação da Usina.**

Ano	Lucro mensal	Lucro anual
<b>0</b>		- 2.188.224,56
<b>1</b>	R\$ 19.639,99	R\$ 235.679,82
<b>2</b>	R\$ 19.639,99	R\$ 235.679,82
<b>3</b>	R\$ 25.264,99	R\$ 303.179,82
<b>4</b>	R\$ 25.264,99	R\$ 303.179,82
<b>5</b>	R\$ 25.264,99	R\$ 303.179,82
<b>6</b>	R\$ 30.889,99	R\$ 370.679,82
<b>7</b>	R\$ 30.889,99	R\$ 370.679,82
<b>8</b>	R\$ 30.889,99	R\$ 370.679,82
<b>9</b>	R\$ 36.514,99	R\$ 438.179,82
<b>10</b>	R\$ 36.514,99	R\$ 438.179,82
	<b>VPL</b>	<b>R\$ 196.140,49</b>
	<b>CAU</b>	<b>R\$ 29.893,32</b>
	<b>TIR</b>	<b>10,50%</b>
	<b>TMA</b>	<b>8,5%</b>

O cenário apresentado no Quadro 7, mostra os 2 primeiros anos de atividades com vendas mensais de 70% da produção, atingindo R\$ 19.639,99 mensais e o lucro anual de R\$ 235.264,99. Do terceiro ao quinto ano, as vendas mensais atingem 80% da produção, com valor de R\$ 25.614,18 e lucro anual R\$ 303.179,82. A partir do sexto ano de operação se mantendo até o oitavo, as vendas atingem a meta de 90% com lucro mensal de R\$ 30.889,99 e lucro anual de R\$ 370.679,82. Nos últimos 2 anos, a produção total é vendida, resultando em lucro mensal de R\$ 36.514,99 e o lucro anual atingindo R\$ 438.179,82.

Também foi realizado, a relação entre investimento e ganhos presentes na instalação da Usina de Compostagem no Município de Munhoz. A Figura 8 apresenta os valores obtidos em um período de 10 anos.



**Figura 8**– Gráfico de Relação Investimento Inicial x Ganhos. Fonte: Autores

Nota-se, que o investimento inicial é superado após 7 anos de instalação da Usina, evidenciando a viabilidade econômica do projeto, considerando um cenário descrito acima.

A Compostagem de matéria orgânica, possui vantagens e desvantagens, que segundo a FADE/UFPE (2013), as principais são relacionadas no Quadro 8.

**Quadro 8**- Vantagens e Desvantagens do Processo de Compostagem segundo a FADE/UFPE- (2013)

Vantagens	Desvantagens
Aumento da vida útil do Aterro Sanitário	Necessita de triagem adequada
Realiza aproveitamento da matéria orgânica para geração de composto para atividades agrícolas	Tempo longo para completar o processo
Não exige mão obra especializada	Mercado pouco explorado
A operação adequada não produz poluição hídrica ou atmosférica	A operação inadequada pode trazer danos ao meio ambiente devido os líquidos e gases gerados durante o processo
Possibilidade de renda com a comercialização do produto	Os custos da coleta seletiva de material orgânico são mais elevados
Os rejeitos podem ser enviados para aterro sanitário, pois os materiais após o processo estão bioestabilizados	Necessidade de uma considerável para instalação de leira de maturação do composto

## CONCLUSÃO

Após os estudos e pesquisas bibliográficas, foram consideradas as variáveis necessárias para instalação de uma Usina de Tratamento de Resíduos Sólidos Orgânicos no Município de Munhoz, tendo como ponto principal, o potencial agrícola da região. Esse projeto, também visa conscientizar e mobilizar os munícipes para a participação, atuando no ponto inicial a coleta seletiva, se tornando agentes principais na execução desse serviço contribuindo para a diminuição de materiais descartados em aterros sanitários.

A utilização de práticas adequadas para o tratamento dos RSU, podem indicar o melhor caminho a ser tomado, visando a proteção e manutenção de um ambiente saudável, pois através dessa tecnologia, são observados fatores como: potencial energético e a classe desses materiais. Dessa maneira, os materiais orgânicos serão enviados a Usinas de Compostagem, enquanto os materiais que não podem ser reciclados, são enviados para o descarte final em aterros sanitários.

Para realização do manejo adequado dos RSU, deve-se projetar um complexo de acordo com o tamanho do município e aos padrões da PNRS, para que não ocorram falhas e problemas futuros em relação ao projeto, pois a instalação da Usina de Compostagem no município de Munhoz é viável e agregará valor de modo geral, trazendo ganhos socioeconômicos e ambientais.

A implantação do complexo de compostagem, pode incentivar outras práticas sustentáveis, como a reciclagem de resíduos secos que também podem auxiliar na proteção do meio ambiente e geração de emprego.

É importante observar, que cada município brasileiro, tende a apresentar características e condições específicas, que geram grandes diferenças entre si. Existe a possibilidade, de identificar entre municípios que possuem o mesmo porte, alguns aspectos que criam semelhanças entre a dinâmica da economia local e das formas de manejo e administração dos RSU, viabilizando que as Usinas de Compostagem estejam de acordo com o seu porte.

Outra opção, seria a criação de um consórcio entre os municípios vizinhos, para ampliar a produção e o campo de vendas, que resultaria em melhorias de resultados ambientais e geração de emprego e renda.

## REFERÊNCIAS

**ABNT NBR 10004:2004** - Classificação de Resíduos Sólidos

**BANCO CENTRAL DO BRASIL**-<https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADA0/publico/exibirFormCorrecaoValores.do?method=exibirFormCorrecaoValores&aba=1>

**BARREIRA** Luciana Pranzetti; **JUNIOR** Arlindo Philippi; **RODRIGUES** Mario Sergio - Usinas de Compostagem Do Estado De São Paulo: Qualidade Dos Compostos E Processos De Produção- Artigo Técnico -ano 2006.

**BRUM** Argemiro Luís, **DALFOVO** Wylmor Tives, **YONENAGA** William Hajime, **Zílio** Jéssica Andressa, **LUCCA** Emerson Juliano, Viabilidade Econômica da Produção de Adubo Orgânico para Assentamentos Agrícolas na Região Norte de Mato Grosso. 2013

**BRUNI** Vinício Costa- Avaliação do Processo Operacional de Compostagem Aerada de Lodo de Esgoto e Poda Vegetal em Reatores Fechados, Dissertação



**CARDOSO** Jailson Jorge - Análise da Implantação do Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos (PGRIS) do município de Ipojuca, PE, Dissertação, UFPE 2016

**CLIMATE-DATA** - [www.pt.climate-data.rg](http://www.pt.climate-data.rg)

**CONTABÉIS** - <https://www.contabeis.com.br/ferramentas/simples-nacional/3839401/>

**DORES** Luís Augusto de Carvalho Bresser - Encerramento de Aterro Sanitário -Estudo de Caso, Universidade de Taubaté, ano 2007.

**FADE/UFPE** - Análises das Diversas Tecnologias de Tratamento e Disposição Final de Resíduos Sólidos no Brasil, EUA, Europa e Japão. Pesquisa Científica, 2010.

**FUNASA**-Manual de orientações técnicas para elaboração de propostas para o programa de resíduos sólidos - Funasa / Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. – Brasília: Funasa, 2014.

**GARRÉ** Saulo de Oliveira; **LUZ** Maria Laura Gomes Silva - Análise econômica para implantação de uma usina de Compostagem de Resíduo Orgânico Urbano, Revista Espacios

**IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística- [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br)

**KIEHL**, Edmar José, Fertilizantes Orgânicos. São Paulo, Ed. Agronômica Ceres Ltda. 1985.

**KIEHL**, Edmar José, Manual da Compostagem: maturação e qualidade do composto. São Paulo, 3ªed. 2002.

**LOPES** Anaísa Filmiano Andrade; **POMPEU**, Diogo Sá da Silva: Benefícios Sociais E Ambientais da Usina de Reciclagem e Compostagem na Cidade De Prata MG, Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde, 2014.

**MOREIRA** Marcelo Chaves. “Dados e informações sobre resíduos sólidos urbanos no Brasil. Dissertação. Ministério da Saúde FIOCRUZ. ENSP Escola Nacional de Saúde Pública Sérgio Arouca. Rio de Janeiro 2013.

**PEREIRA NETO** João Tinôco, Manual de Compostagem. Belo Horizonte, 1996.

**PRAMPOLIM** Guilherme; **MACEDO** Rafael Schulzinger; **GONSALEZ** -Veronica Lima - Concepção de um pátio de compostagem na região do Guarapiranga, Dissertação – 2015.

**SANTOS, J. F., BARROS, S.U.B.**-Usinas de Compostagem de Lixo: Desafios e Perspectivas, Artigo Técnico, A Revista Eletrônica da Faculdade de Ciências Exatas e Agrárias, 2017.

**SNIS**- Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2017. – Brasília: MDR.SNS, 2019.Vol 38, ano 2017.

**SRHU/MMA**- Guia para elaboração dos Planos de Gestão de Resíduos Sólidos, Brasília, 2011.

Google  
for Education



*Tradição  
em formar  
profissionais.*

**USF**  
UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO