



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE RORAIMA
UFRR NÚCLEO DE ESTUDOS DO EMPREENDEDORISMO, INOVAÇÃO E
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – NEEDS
MESTRADO PROFISSIONAL EM PROPRIEDADE INTELECTUAL E
TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA PARA A INOVAÇÃO – PROFNIT**

CARLOS OREQUES FONSECA

TECNOLOGIA SOCIAL PARA RECICLAGEM DO PAPEL SULFITE IMPRESSO

BOA VISTA -RR

2020

CARLOS OREQUES FONSECA

TECNOLOGIA SOCIAL PARA RECICLAGEM DO PAPEL SULFITE IMPRESSO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação – PROFNIT, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof^a. Dra. Rita de Cássia Pompeu de Sousa

BOA VISTA – RR

2020

CARLOS OREQUES FONSECA

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)
Biblioteca Central da Universidade Federal de Roraima

O66t Oreques Fonseca , Carlos.
Tecnologia social para reciclagem do papel sulfite impresso / Carlos
Oreques Fonseca. – Boa Vista, 2020.
94 f. : il.

Contém: Cartilha informativa: Reciclagem alternativa do papel sulfite-
RAS.

Orientadora: Profa. Dra. Rita de Cássia Pompeu de Sousa.
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Roraima, Programa
de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de
Tecnologia para Inovação.

1 – Ativo tecnológico. 2 – Compostagem. 3 – Metodologia. 4 –
Resíduos Sólidos. 5 – Tecnologia Alternativa. I – Título. II – Sousa, Rita de
Cássia Pompeu de (orientadora).

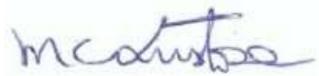
CDU – 675.92.035.002.8

Ficha Catalográfica elaborada pela Bibliotecária/Documentalista:
Shirdoill Batalha de Souza - CRB-11/573 - AM

TECNOLOGIA SOCIAL PARA RECICLAGEM DO PAPEL SULFITE IMPRESSO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação – PROFNIT, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre. Dissertação defendida e aprovada em 21/01/2021, perante a Banca Examinadora, constituída dos seguintes membros:


Prof^a. Dra. Rita de Cássia Pompeu de Sousa – Presidente
Universidade Federal de Roraima - UFRR


Prof^a. Dra. Maria Cecília Junqueira Lustosa – Membro
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ


Prof. Dr. Sílvio Luiz de Paula – Membro
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Para Amanda, que é a minha inspiração neste mundo!

AGRADECIMENTO

Ao final do trabalho, alguns agradecimentos são extremamente necessários, pois sem estas pessoas, não seria possível a concretização de mais este objetivo em minha vida.

Primeiramente, gostaria de agradecer a minha família, a qual sempre me apoiou e me motivou no decorrer do curso.

Um agradecimento especial aos meus colegas, os quais agregaram conhecimentos e contribuíram na minha evolução profissional e pessoal.

A Embrapa-RR, empresa na qual tenho muito orgulho de fazer parte do quadro de funcionários, agradeço pela disponibilidade do local para a realização do experimento.

A minha grande orientadora, Rita de Cássia Pompeu de Sousa, a qual não mediu esforços para passar todo o conhecimento necessário e ainda me apoiou nos momentos de indefinição do experimento, obrigado.

Por fim e não menos importante, um agradecimento aos professores que abraçaram o programa de mestrado, à UFRR que aceitou a vinda deste programa e ao PROFNIT por entender a importância desse mestrado para o desenvolvimento do Estado de Roraima.

“Não deixe que o ruído da opinião alheia
impeça que você escute sua voz interior”.
Steve Jobs

RESUMO

O processo de gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil representa um problema antigo e vem apresentando poucas evoluções, mesmo com leis federais e municipais que determinam os procedimentos a serem adotados. Aliado a isso, empresas públicas e privadas estão na era digital, onde processos administrativos migraram do papel para meios eletrônicos, deixando muitos documentos confidenciais sem validade em seus “arquivos mortos”. O papel sulfite impresso é um resíduo bastante encontrado nos lixos no Brasil e é o material que compõe a maioria dos “arquivos mortos” das empresas. Ele é um dos materiais mais versáteis e mais utilizado no nosso dia a dia; porém, raramente, pensamos em novas formas de reaproveitá-lo e quais os diferentes riscos se destinados inadequadamente. Neste contexto, há necessidade de estudos que possibilitem novas alternativas e soluções para reciclagem sustentável deste tipo de material e, preferencialmente, que esse retorno não cause impactos negativos ao Meio Ambiente. O presente trabalho teve como objetivo o desenvolvimento, por meio de práticas e análises experimentais de uma tecnologia sustentável, embasada no processo de compostagem, como alternativa para o aproveitamento e destinação do papel sulfite impresso descartado em instituições público privadas de Boa Vista/RR. Foram montados quatro experimentos nominados como E1, E2, E3 e E4, utilizando diferentes quantidades de papel sulfite impresso e mais um padrão, ou seja, uma testemunha, denominada como EP. O processo experimental foi realizado em lixeiras industriais, as quais possuem 80 cm de altura e capacidade de 50 litros. Em todas as amostras experimentais foram utilizados papel sulfite, sendo que a quantidade do papel inserido nas composteiras foram em escala crescente de 7,5%, 10%, 12,5% e 15% de carbono total material. O processo de compostagem demorou 150 dias para apresentar as características finais de maturação, sendo que os resultados obtidos em todas as análises realizadas nos produtos originados dos experimentos são considerados satisfatórios, por apresentarem-se de acordo com o produto de EP - a testemunha e legislação vigente. Deste modo, dos procedimentos realizados experimentalmente, selecionou-se o experimento E4, o qual possuía a maior quantidade de massa de papel sulfite para indicá-lo como modelo de Tecnologia Sustentável eficiente na reciclagem do papel sulfite impresso, via processo de compostagem aeróbia em uma cartilha informativa e orientativa com vistas à disseminação, principalmente em instituições públicos e privadas. No experimento E4 obteve-se resultados inéditos, como a quantidade de massa máxima de papel sulfite necessária para obtenção de produto orgânico, rico em minerais e no tempo médio estipulado na literatura para esse processo. Trata-se de um fertilizante natural (adubo) –de boa qualidade, obtido com uso de materiais e equipamentos de fácil acesso e baixo custo quando verificado o risco e efetividade da tecnologia em comparação com produtos químicos de mesmo objetivo. Neste contexto, é possível concluir que a tecnologia desenvolvida é sustentável e sem impactos negativos ao Meio Ambiente, sendo oportuna a sua divulgação para o público alvo, visto que oferece, ao mesmo tempo, um ativo pré-tecnológico (Metodologia técnico-científica) e ativo tecnológico (produto).

Palavras-Chave: Ativo tecnológico; Compostagem; Metodologia; Resíduos Sólidos; Tecnologia Alternativa.

ABSTRACT

The solid waste management process in Brazil represents an old problem, and it has been showing little evolution, even with federal and municipal laws that determine the procedures to be adopted. Allied to this, public and private companies are in the digital age, where administrative processes have migrated from paper to electronic media, leaving many confidential documents with no validity in their "archives". Printed sulfite paper is a waste widely found in garbage in Brazil, and it is the material that makes up the majority of companies' "archives". It is one of the most versatile and most used materials in our daily lives; however, we rarely think of new ways to reuse it and what the different risks are if it is improperly discarded. In this context, there is a need for studies that enable new alternatives and solutions for sustainable recycling of this type of material and, preferably, that this return does not cause negative impacts on the environment. The object of this research was the development of a sustainable technology, through experimental practices and analyzes, based on the composting process, as an alternative for use and disposal of the printed sulfite paper discarded in public and private institutions of Boa Vista / RR. Four experiments named E1, E2, E3 and E4 were set up, using different amounts of printed sulfite paper and one more pattern or a witness, called EP. The experimental process was carried out in industrial dumps, which are 80 cm high and have a capacity of 50 liters. In all experimental samples, sulfite paper was used, and the amount of paper inserted in the composters was on an increasing scale of 7.5%, 10%, 12.5% and 15% of total carbon material. The composting process took 150 days to present the final maturation characteristics, and the obtained results in all performed analyzes on the products originated from the experiments are considered satisfactory, as they are presented in accordance with the EP product -the witness- and current legislation. Thus, from the procedures carried out experimentally, E4 was selected, which had the largest amount of sulfite paper mass to indicate it as an efficient Sustainable Technology model in the recycling of printed sulfite paper, through an aerobic composting process in an informative and guiding booklet intended to be distributed mainly in public and private institutions. In the E4 experiment, unprecedented results were seen, such as the maximum amount of bond paper needed to get an organic product, rich in minerals and inside the average time stipulated by the literature for this process. It is a natural fertilizer of good quality, obtained with the use of easily accessible and low cost materials and equipment when verifying the risk and effectiveness of the technology in comparison with chemicals with the same objective. In this context, it is possible to conclude that the developed technology is sustainable and without negative impacts on the environment, being timely distributed to the target audience, since it offers, at the same time, a pre-technological asset (Technical-scientific methodology) and technological asset (product).

Key words: Technological asset; Composting; Methodology; Solid Waste; Alternative Technology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de compostagem tipo aeróbia.....	38
Figura 2 - Modelo de compostagem tipo anaeróbia	39
Figura 3 - Modelo de composteira tipo vermicompostagem.....	40
Figura 4 - Temperaturas e precipitações médias em Boa Vista/RR	47
Figura 5 – Papel Sulfite e Pó de Café utilizado	50
Figura 6 - Folhas Verdes e Secas de Mangueiras.....	50
Figura 7 - Lixeiras/Composteiras em diferentes cores utilizadas na experimentação	51
Figura 8 - Umidade: Resultados	56
Figura 9 - pH: Resultados	56
Figura 10 - Relação C/N: Resultados.....	57
Figura 11 - Teor de Nitrogênio Total	58
Figura 12 - Produto Final das amostras E1, E2, E3, E4 e EP	61

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação e usos dos tipos de celulose utilizados na manufatura do papel	34
Tabela 2 - Resíduos orgânicos gerados na Embrapa Roraima	48
Tabela 3 - Resíduos orgânicos a serem compostados.....	48
Tabela 4 - Relação de materiais selecionados para a experimentação.....	50
Tabela 5 - Massa total dos resíduos utilizados para montagem dos experimentos em relação ao composto final, gerado em cada um dos cinco experimentos (E1, E2, E3,E4 e EP)	59
Tabela 6 - Resultados obtidos em análise nos produtos dos experimentos comparados a valores do Experimento Padrão e aos preconizados como desejáveis em Referencial Teórico, Instrução Normativa e pessoas jurídicas.....	60
Tabela 7 - Custo Risco Efetividade - comparação econômica, de toxicidade e efetividade do produto relacionado a adubo químico de mesma aplicabilidade	62

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	15
2.1 OBJETIVOS GERAIS.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3 JUSTIFICATIVA	16
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
4.1 POLÍTICA NACIONAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS.....	19
4.2 LEI 2.004 DE 17 DE JULHO DE 2019 – MUNICIPAL – BOA VISTA/RR.....	22
4.3 POLÍTICA NACIONAL DE ARQUIVOS PÚBLICOS E PRIVADOS.....	23
4.3.1 Manual de gestão arquivística da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA	25
4.4 PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL.....	27
4.5 TIPO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	28
4.5.1 Papel e papelão: jornais, revistas, caixas, papel sulfite e embalagens	29
4.5.1.1 História do papel	29
4.5.1.2 Principais componentes da madeira relacionados a produção de papel: celulose, hemiceluloses e lignina	30
4.5.1.3 Produção Industrial de papel	33
4.5.1.4 Processo de Impressão do Papel	34
4.6 COMPOSTAGEM.....	36
4.6.1 Processo de compostagem.....	37
4.6.1.1 Compostagem aeróbia.....	37
4.6.1.2 Compostagem anaeróbia.....	38
4.6.1.3 Vermicompostagem.....	39
4.6.2 Intervalos de temperatura: fator preponderante das fases de compostagem.....	40
4.6.3 Importância do tamanho das partículas de resíduos.....	42
4.6.4 Umidade ideal da massa de resíduos.....	42
4.6.5 Importância da aeração e revolvimento dos resíduos durante o processo de compostagem.....	43
4.7 LEGISLAÇÃO NO BRASIL SOBRE ALGUNS TIPOS DE RESÍDUOS UTILIZADOS PARA COMPOSTAGEM E POSSÍVEIS CONTAMINANTES NO COMPOSTO.....	44
4.8 CUSTO RISCO EFETIVIDADE.....	45
5 MATERIAIS E MÉTODOS	47
5.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL.....	47
5.2 RESÍDUOS ORGÂNICOS UTILIZADOS NA PESQUISA.....	47
5.3 EXPERIMENTOS E TRATAMENTOS UTILIZADOS.....	49
5.4 TEMPERATURA, UMIDADE, REVOLVIMENTO E VOLUME DA MASSA.....	52
5.5 RELAÇÃO DO CUSTO RISCO EFETIVIDADE DOS PRODUTOS.....	53
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
6.1 TEMPERATURA.....	54

6.2 UMIDADE.....	SUMÁRIO	54
6.3 INDICE DE PH.....		56
6.4 RELAÇÃO CARBONO/NITROGÊNIO		57
6.5 TEOR DE NITROGÊNIO TOTAL.....		58
6.6 REDUÇÃO DE MASSA.....		58
6.7 CARACTERÍSTICAS FINAIS DO COMPOSTO.....		61
6.8 ANÁLISE DO CUSTO RISCO EFETIVIDADE.....		62
7 CONCLUSÃO		65
REFERÊNCIAS.....		66
APÊNDICE.....		73
APÊNDICE A - CARTILHA INFORMATIVA E ORIENTATIVA.....		74
APÊNDICE B – QR CODE		94

1 INTRODUÇÃO

O papel é um dos materiais mais versáteis e mais utilizado no nosso dia a dia, principalmente o papel sulfite; porém, raramente, pensamos sobre seu processo produtivo e os impactos ambientais associados a sua produção e o seu consumo. O principal impacto ambiental relacionado a sua produção é a derrubada de árvores para a extração da celulose, resultando na devastação de florestas nativas que dão lugar a espécies como eucaliptos e pinus. Outra importante consequência negativa está relacionado ao seu consumo. O descarte inadequado deste material facilita a adição de componentes químicos na água e no solo, o que prejudica seriamente o Meio-Ambiente.

Destarte, uma forma de gerenciamento de resíduos sólidos que pode reduzir o impacto negativo do descarte incorreto do papel é a atividade de reciclagem, a qual tem se estruturado como um setor econômico de relativa importância à medida que as questões dos resíduos sólidos tornaram-se um dos problemas principais em termos de planejamento urbano e de gestão pública. Ela é formada por um conjunto de operações interligadas cuja finalidade é a reintrodução dos materiais recicláveis nos processos de produção para serem transformados, novamente, em insumos produtivos.

Portanto, através da reciclagem o lixo passa a ser visto de outra maneira, não como um final, mas como o início de um ciclo em que pode-se preservar o meio ambiente, ter participação consciente e a transformação de hábitos (MARODIN e MORAIS, 2004). Um exemplo disso são os resíduos de papel e papelão que são coletados, na sua maioria, por catadores nas pequenas e até grandes cidades; mas, infelizmente, comprados a preços irrisórios, geralmente, por atravessadores para indústrias de reciclagem.

Entretanto, este material ainda é um dos resíduos bastante encontrado nos lixos no Brasil, principalmente o papel sulfite impresso, que compõe a maioria dos arquivos mortos” das empresas públicas e privadas, podendo impactar, negativamente saúde humana e ao ambiente se destinados inadequadamente.

Logo, é necessário encontrar tecnologias alternativas que possibilitem a reciclagem sustentável deste tipo de resíduo sólido e, preferencialmente, que esse retorno não cause impactos negativos ao Meio Ambiente. Uma vez que, do orgânico

ao inorgânico, dos entulhos ao lixo domiciliar, todo resíduo sólido tem seu valor. Administrá-los da melhor forma possível é responsabilidade de todos, desde empresas até os cidadãos comuns, passando pelas autoridades e instituições competentes do setor público.

Neste sentido, verificou-se na literatura técnico-científica vigente, que outra forma de gerenciamento desse tipo de resíduo sólido, a qual contribuiria para a redução dos impactos ambientais gerados, seria o processo de compostagem.

A compostagem pode ser definida como um processo controlado de decomposição aeróbia e exotérmica da substância orgânica biodegradável, por meio da ação de microrganismos autóctones, com liberação de gás carbônico e vapor de água, produzindo, ao final, um produto estável e rico em matéria orgânica (DE BERTOLDI et al. 1983; SENESI, 1989; ABNT, 1996; BIDONE e POVINNELLI, 1999; KIEHL, 2004).

Todavia, a eficiência desejada para o processo de compostagem somente será encontrada quando as exigências ambientais de decomposição forem ótimas. Diversos fatores podem interferir na atividade microbiológica dos microrganismos para transformação em um produto final estável, como aeração; umidade; temperatura; pH; tamanho da partícula e relação carbono/nitrogênio (C/N) (PRÁ et al., 2009; EPSTEIN, 2011).

Assim, fundamentando-se na importância de diferentes processos de gerenciamento de resíduos sólidos para a diminuição dos problemas ambientais causados pelo papel no Brasil, objetivou-se desenvolver uma tecnologia social, embasada no processo de compostagem para reciclagem do papel sulfite impresso.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVOS GERAIS

Desenvolver tecnologia social por meio de práticas e análises experimentais, embasada no processo de compostagem, com vistas à obtenção de produto orgânico e composição de instrumento educativo e orientativo para reciclagem de papel sulfite impresso que compõe a maioria dos arquivos mortos das empresas públicas e privadas em Boa Vista/RR.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- (i) Realizar estudo teórico para conhecimento e seleção do processo de compostagem mais vantajoso no aproveitamento do papel sulfite impresso;
- (ii) Avaliar experimentalmente a eficácia da técnica de compostagem selecionada para aproveitamento do papel sulfite impresso;
- (iii) Determinar e mostrar as características químicas do produto (composto/fertilizante orgânico) gerado a partir da técnica de compostagem selecionada para aproveitamento do papel sulfite impresso;
- (iv) Editar cartilha informativa e orientativa com passo a passo relacionado à aplicação da tecnologia desenvolvida para reciclagem do papel sulfite.

3 JUSTIFICATIVA

O aumento populacional nas cidades proporciona grande geração de resíduos sólidos urbanos. Esse crescimento não é acompanhado pelo descarte adequado de embalagens e dos próprios itens que se degradam e acabam prejudicando o meio ambiente e a saúde humana com a contaminação dos corpos d'águas e das áreas de preservação, por exemplo.

Aliados a isso, a era digital em empresas públicas e privadas com a substituição de processos administrativos com papel por sistemas eletrônicos de informação, deixou, na grande maioria das empresas, uma quantidade elevada de documentos confidenciais em papel, sem validade nos arquivos mortos”, os quais não podem ser destinados/descartados de qualquer forma. Isso acontece devido a temporalidade documental, que determina prazos para a transferência, recolhimento e eliminação dos documentos.

Contudo, o papel sulfite impresso é um resíduo bastante encontrado nos lixos no Brasil e é o material que compõe a maioria dos arquivos mortos” das empresas.

Mesmo com leis federais e municipais que determinam os procedimentos a serem adotados. Segundo relatório disponibilizado em 2020 pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais, o Brasil em 2020, produziu 80 milhões de toneladas de resíduos sólidos, sendo que destes, o papel representa 13%, ou seja, 10 milhões de toneladas dos resíduos sólidos é de papel.

O processo de gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil representa um problema antigo e vem apresentando poucas evoluções. De acordo com a *International SolidWaste Association* o tratamento de doenças relacionadas ao descarte inadequado do lixo pode custar R\$ 1.5 bilhão/ano ao sistema de saúde pública do Brasil. Diante destas situações, em 2010 foi sancionada a Lei 12.305 e a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) foi instituída.

A PNRS contém instrumentos importantes para permitir o avanço necessário ao País ao enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos. Prevê a prevenção e a redução na geração de resíduos, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos.

Institui responsabilidade compartilhada dos geradores de resíduos: dos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, o cidadão e titulares de serviços de manejo dos resíduos sólidos urbanos na Logística Reversa de resíduos de embalagens pós-consumo. Cria metas importantes que irão contribuir para a eliminação de lixões e institui instrumentos de planejamento nos níveis nacional, estadual e municipal além de impor que os particulares elaborem seus Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos. (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2014)

Neste sentido, o ato de dar soluções para todo e qualquer problema causado pelo impacto dos lixos é conhecido como gerenciamento de resíduos sólidos. Trata-se de um processo que visa adotar um conjunto sistemático de ações efetivas nas etapas de coleta, transporte, tratamento e destinação final ambientalmente adequada.

Não obstante, o Brasil tem um longo caminho a percorrer para que o gerenciamento de resíduos sólidos obtenha resultados adequados. Segundo relatório divulgado pelo Ministério do Meio Ambiente em 2017, apenas 54,8% dos aproximadamente 5.500 (cinco mil e quinhentos) municípios brasileiros possuem Plano Integrado de Resíduos Sólidos. Neste mesmo sentido, o relatório disponibilizado em 2016, pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), mostra que o panorama no Brasil não é positivo, pois existem 3.326 municípios brasileiros que destinam seus resíduos sólidos para locais impróprios.

Cita-se, como exemplo, o Município de Boa Vista, localizado no estado de Roraima, o qual se encontra sem aterro sanitário adequado e práticas organizadas de coleta seletiva estabelecidas para a população, apesar de atualmente ter promulgado a Lei 2.004 DE 17 DE JULHO DE 2019, a qual estabelece as diretrizes municipais para a implementação do Plano Municipal de Resíduos Sólidos de Boa Vista por meio da Elaboração e Implantação do Sistema de Gestão Sustentável de Resíduos Sólidos Urbano.

Deste modo, para se adequar à Política Nacional de Resíduos Sólidos, as empresas/instituições buscam soluções viáveis de reciclagem e de tratamento do lixo. Uma das soluções é o desenvolvimento de novas tecnologias alternativas que ajudem no enquadramento da norma e que proporcionem resultados importantes.

Trata-se do estudo do Processo de Compostagem para indicação, como tecnologia social, de uma solução que contribuiria para a redução dos impactos

ambientais gerados pelo descarte/destinação inadequado do papel sulfite impresso, sem validade nos arquivos mortos” principalmente, de empresas públicas e privadas.

Esse processo além de proteger o ambiente por produzir menos lixo orgânico, gera um material de grande valor o composto –que é um ótimo fertilizante natural/orgânico (adubo), o qual é produzido a partir de processos físicos, químicos, físicos-químicos, naturais ou controlados a partir de matéria-prima de origem industrial, urbano ou rural, animal ou vegetal, isolada ou misturada, podendo ser enriquecida de nutrientes minerais, princípios ativos ou agentes capazes de melhorar as características físicas, químicas ou biológicas do fertilizante.

O desenvolvimento e divulgação de tecnologias sociais que atuem no crescimento do país em temas complexos, é importante para o crescimento da política pública. Uma rede de pessoas acaba sendo favorecida dentro deste processo: catadores de lixo, empresas de reciclagem, empresas público/privadas, política de saneamento e etc.

Neste contexto, justifica-se a proposta de solução, fundamentada numa revisão bibliográfica pontual, relacionada abaixo sobre legislação, apresentada de forma simplificada, e temática específicas que possibilitaram o norteamento e planejamento de ações para o desenvolvimento da tecnologia supracitada.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 POLÍTICA NACIONAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

Antes de entrar nos conceitos da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), deve-se compreender que as leis se alicerçam em princípios jurídicos. Esses princípios são elaborados de forma a fazer com que a regulamentação jurídica seja integrada e coerente. O caso brasileiro não é diferente. De forma ampla, nossa legislação ambiental apoia-se na óptica do princípio da prevenção, pois incentiva as condutas que impedem o dano ambiental.

Um exemplo desses princípios é o artigo 225 da Constituição Federal (CF) de 1988 que diz: “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações ”

Assim, a Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, é a que, dentre outras providências, institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e prevê uma sociedade mais consciente quanto a tratativa dos resíduos, com hábitos de consumo que permitem reduzir a sua geração, reutilizar, reciclar e enxergar valor econômico no que antes seria apenas um mero item a ser descartado.

Inclusive este descarte deve respeitar as suas devidas condicionantes técnicas e legais, e priorizar a responsabilidade compartilhada de todos, desde catadores ao cidadão, passando pelas empresas com o conceito de Logística Reversa. Ainda, os lixões devem ser eliminados em todas as esferas, desde o nível local até o nacional.

A Lei nº 12.305/10 [...] institui a responsabilidade compartilhada dos geradores de resíduos: dos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, o cidadão e titulares de serviços de manejo dos resíduos sólidos urbanos na Logística Reversa dos resíduos e embalagens pós-consumo [...]. Coloca o Brasil em patamar de igualdade aos principais países desenvolvidos no que concerne ao marco legal.

A PNRS estabelece uma lista norteadora de seus princípios em seu artigo 6º:

- I – a prevenção e a precaução;
- II – o poluidor-pagador e o protetor-recebedor;
- III – a visão sistêmica, na gestão dos resíduos sólidos, que considere as variáveis ambiental, social, cultural, econômica, tecnológica e de saúde pública;
- IV – o desenvolvimento sustentável;
- V – a ecoeficiência, mediante a compatibilização entre o fornecimento, a preços competitivos, de bens e serviços qualificados que satisfaçam as necessidades humanas e tragam qualidade de vida e a redução do impacto ambiental e do consumo de recursos naturais a um nível, no mínimo, equivalente à capacidade de sustentação estimada do planeta;
- VI – a cooperação entre as diferentes esferas do poder público, o setor empresarial e demais segmentos da sociedade;
- VII – a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;
- VIII – o reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como um bem econômico e de valor social, gerador de trabalho e renda e promotor de cidadania;
- IX – o respeito às diversidades locais e regionais;
- X – o direito da sociedade à informação e ao controle social;
- XI – a razoabilidade e a proporcionalidade.

Dentre os princípios supracitados, os da prevenção, precaução, o poluidor pagador e o desenvolvimento sustentável serão abordados de forma um pouco mais ampla abaixo, por fazerem parte do contexto da pesquisa.

Segundo Rocha (2013), o Princípio da Precaução é originária da política ambiental e do princípio alemão Vorsorgeprinzip, estabelecendo as medidas que devem ser tomadas e/ou evitadas quando se verifica a existência de uma possível incerteza científica (Uncertainty) quanto ao nível e grau de risco ambiental de determinadas atividades.

Ainda conforme Rocha (2013), o Princípio da Precaução afirma ainda que, em caso de dúvida sobre o caráter e a dimensão do impacto ambiental, devem ser tomadas decisões em benefício da proteção ambiental - indúbio pro ambiente. Já o Princípio da Prevenção consubstancia-se na obrigação de prevenir a produção da poluição e evitar a ocorrência do dano ambiental, antes mesmo de terem acontecido. É endossado por uma diversidade de ordenamentos jurídicos nacionais e

internacionais, tais quais: Declaração de Estocolmo (1972), princípios da UNEP/PNUMA (1978), Carta Mundial da Natureza (1982) e a Convenção sobre Radiação Ionizante (1960).

Assim, o Princípio da Prevenção pressupõe uma certeza. Ou seja, ao se conhecer previamente as consequências associadas a uma dada ação, a qual gera consigo um impacto negativo ao meio ambiente, aí está aplicando-se o referido Princípio.

Por outro lado, o Princípio da Precaução apresenta uma incerteza e devido a tal falta de certeza, evita-se desenvolver uma ação que poderá causar, potencialmente, um dano ao meio ambiente.

O Princípio do Poluidor-Pagador (Usuário-Pagador) se faz presente no Art. 4º, VII, Lei 6938/81, que ao tratar dos objetivos da Política Nacional do Meio Ambiente, traz a imposição ao poluidor da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados (ARAÚJO, 2017).

O Princípio do Poluidor-Pagador impõe que os custos da poluição sejam assumidos pelos responsáveis pela degradação. Esse princípio tende a efetivar a precaução, prevenção e redistribuição dos custos da ação impactante. Os danos devem ser suportados pelos poluidores e não pelos contribuintes. O poluidor deve tomar todas as medidas indispensáveis a evitar a ocorrência do evento danoso. Desse modo, não se trata de um direito de poluir, mas sim, pelo contrário, um dever de restituir (ROCHA, 2013).

Segundo Rocha (2013), o Princípio do Desenvolvimento Sustentável, ou Princípio da Sustentabilidade, caracteriza-se pela noção de que o progresso das presentes gerações não pode vir a ameaçar o futuro da humanidade na Terra. De acordo com a Comissão Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento através da publicação de 1987, o Brundtland Report, o desenvolvimento sustentável é aquele que assegura as necessidades atuais sem comprometer as gerações futuras.

A origem deste Princípio advém da percepção de que a humanidade deve garantir a possibilidade de vida no planeta para as futuras gerações. Isso significa que existe a necessidade do uso equitativo dos recursos naturais e a integração harmônica entre meio ambiente e desenvolvimento econômico.

4.2 LEI 2.004 DE 17 DE JULHO DE 2019 – MUNICIPAL – BOA VISTA/RR

Estabelece as diretrizes municipais para a implementação do Plano Municipal de Resíduos Sólidos de Boa Vista por meio da Elaboração e Implantação do Sistema de Gestão Sustentável de Resíduos Sólidos Urbano. Destaque para as definições abaixo do artigo 2º (segundo):

I- Definiu que resíduos sólidos são materiais, substâncias, objetos ou bens descartados resultante de atividades humanas em sociedade, cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível;

III- Que a responsabilidade é compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos: conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos, nos termos desta Lei;

IV- Geradores de resíduos sólidos: pessoas físicas ou jurídicas, de direito público ou privado, que geram resíduos sólidos por meio de suas atividades, nelas incluído o consumo;

VII- Reciclagem: processo de transformação dos resíduos sólidos que envolve a alteração de suas propriedades físicas, físico-químicas ou biológicas, com vistas à transformação em insumos ou novos produtos, observadas as condições e os padrões estabelecidos pelos órgãos competentes do SISNAMA e, se couber, do SNVS e do SUASA;

IX- Destinação final ambientalmente adequada: destinação de resíduos que inclui a 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;

4.3 POLÍTICA NACIONAL DE ARQUIVOS PÚBLICOS E PRIVADOS

Dispõe sobre a política nacional dos arquivos públicos e privados e dá outras providências.

Art. 1º É dever do Poder Público a gestão documental e a proteção especial a documentos de arquivos, como instrumento de apoio à administração, à cultura, ao desenvolvimento científico e como elementos de prova e informação.

Art. 2º Consideram-se arquivos, para os fins desta Lei, os conjuntos de documentos produzidos e recebidos por órgãos públicos, instituições de caráter público e entidades privadas, em decorrência do exercício de atividades específicas, bem como por pessoa física, qualquer que seja o suporte da informação ou a natureza dos documentos.

Art. 4º Todos têm direito a receber dos órgãos públicos informações de seu interesse particular ou de interesse coletivo ou geral, contidas em documentos de arquivos, que serão prestadas no prazo da lei, sob pena de responsabilidade, ressalvadas aquelas cujos sigilo seja imprescindível à segurança da sociedade e do Estado, bem como à inviolabilidade da intimidade, da vida privada, da honra e da imagem das pessoas.

Art. 6º Fica resguardado o direito de indenização pelo dano material ou moral decorrente da violação do sigilo, sem prejuízo das ações penal, civil e administrativa.

Art. 7º Os arquivos públicos são os conjuntos de documentos produzidos e recebidos, no exercício de suas atividades, por órgãos públicos de âmbito federal, estadual, do Distrito Federal e municipal em decorrência de suas funções administrativas, legislativas e judiciárias.

Art. 8º Os documentos públicos são identificados como correntes, intermediários e permanentes.

Art. 9º A eliminação de documentos produzidos por instituições públicas e de caráter público será realizada mediante autorização da instituição arquivística pública, na sua específica esfera de competência.

Art. 10º Os documentos de valor permanente são inalienáveis e

imprescritíveis.

Art. 11º Consideram-se arquivos privados os conjuntos de documentos produzidos ou recebidos por pessoas físicas ou jurídicas, em decorrência de suas atividades.

Art. 12º Os arquivos privados podem ser identificados pelo Poder Público como de interesse público e social, desde que sejam considerados como conjuntos de fontes relevantes para a história e desenvolvimento científico nacional.

Art. 13º Os arquivos privados identificados como de interesse público e social não poderão ser alienados com dispersão ou perda da unidade documental, nem transferidos para o exterior.

Art. 14º O acesso aos documentos de arquivos privados identificados como de interesse público e social poderá ser franqueado mediante autorização de seu proprietário ou possuidor.

Art. 15º Os arquivos privados identificados como de interesse público e social poderão ser depositados a título revogável, ou doados a instituições arquivísticas públicas.

Art. 16º Os registros civis de arquivos de entidades religiosas produzidos anteriormente à vigência do Código Civil ficam identificados como de interesse público e social.

Art. 17º A administração da documentação pública ou de caráter público compete às instituições arquivísticas federais, estaduais, do Distrito Federal e municipais.

Art. 18º Compete ao Arquivo Nacional a gestão e o recolhimento dos documentos produzidos e recebidos pelo Poder Executivo Federal, bem como preservar e facultar o acesso aos documentos sob sua guarda, e acompanhar e implementar a política nacional de arquivos.

Art. 19º Competem aos arquivos do Poder Legislativo Federal a gestão e o recolhimento dos documentos produzidos e recebidos pelo Poder Legislativo Federal no exercício das suas funções, bem como preservar e facultar o acesso aos documentos sob sua guarda.

Art. 20º Competem aos arquivos do Poder Judiciário Federal a gestão e o recolhimento dos documentos produzidos e recebidos pelo Poder Judiciário Federal no exercício de suas funções, tramitados em juízo e oriundos de cartórios e

secretarias, bem como preservar e facultar o acesso aos documentos sob sua guarda.

Art. 21º Legislação estadual, do Distrito Federal e municipal definirá os critérios de organização e vinculação dos arquivos estaduais e municipais, bem como a gestão e o acesso aos documentos, observado o disposto na Constituição Federal e nesta Lei.

Art. 25º Ficará sujeito à responsabilidade penal, civil e administrativa, na forma da legislação em vigor, aquele que desfigurar ou destruir documentos de valor permanente ou considerado como de interesse público e social.

Art. 26º Fica criado o Conselho Nacional de Arquivos (CONARQ), órgão vinculado ao Arquivo Nacional, que definirá a política nacional de arquivos, como órgão central de um Sistema Nacional de Arquivos (SINAR).

4.3.1 Manual de gestão arquivística da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA

A Embrapa, empresa pública da administração indireta do governo federal, integra o Sistema Nacional de Arquivos (SINAR) e, como tal, tem a incumbência de promover a gestão documental, a preservação das informações e dos documentos de sua esfera de competência e o acesso a eles, em conformidade com as diretrizes e normas emanadas pelo Conselho Nacional de Arquivos (CONARQ/AN).

A fim de exercer suas atribuições enquanto membro do SINAR, a Empresa instituiu, em 25 de dezembro de 2012, o Sistema Embrapa de Arquivos (SEARQ) que promove, de forma integrada, a Gestão Documental no âmbito da Embrapa, garantindo ao cidadão o acesso aos documentos de arquivo e às informações neles contidas, e ainda salvaguarda e preserva o patrimônio documental arquivístico da Embrapa, em razão de seu valor de prova, informação e apoio a administração.

Foi elaborado um manual com o intuito de orientar as atividades de gestão documental no âmbito da Embrapa. Sua 2ª edição traz orientações sobre o uso do Sistema Eletrônico de Informações (SEI) como ferramenta tecnológica para o suporte às atividades de arquivo e protocolo, portanto, os procedimentos descritos

poderão ser aplicados a documentos físicos (papel), digitais ou híbridos, conforme o caso.

Os procedimentos técnicos para a gestão documental arquivista estão previstos na Lei nº 8.159/1991 (BRASIL, 1991), conhecida como Lei de Arquivos, e nas resoluções do Conselho Nacional de Arquivos (CONARQ).

A gestão documental arquivista compreende três fases básicas: a produção, a utilização e a destinação. Considerando o ciclo de vida dos documentos e o fluxo a ser percorrido na Empresa, essas atividades podem ser divididas em duas fases, aqui genericamente tratadas como atividades de protocolo e atividades de arquivo.

Essas fases englobam um conjunto de atividades (recepção, produção, classificação, registro, tramitação, arquivamento, preservação, empréstimo, consulta, expedição, avaliação, transferência, recolhimento ou eliminação e acesso), que visam a proteção especial aos documentos de arquivo como instrumento de apoio a cultura, administração, ao desenvolvimento científico e ainda como elementos de prova e informação.

As atividades de protocolo compreendem basicamente as operações de recepção, classificação, registro, distribuição, digitalização, tramitação e expedição, que visam ao controle dos documentos produzidos e recebidos que tramitam na Empresa, assegurando sua localização e acesso.

Por sua vez, as atividades de arquivo compreendem basicamente as operações de classificação, arquivamento, preservação, empréstimo, consulta, avaliação, transferência e recolhimento ou eliminação de documentos de arquivo, garantindo sua guarda, recuperação, preservação e acesso.

Embora essas atividades possam ser tratadas como etapas distintas, o ideal é funcionem de forma integrada, com vistas a racionalização de tarefas comuns

O Setor de Protocolo, ou popularmente intitulado de Protocolo, é responsável pelo recebimento, distribuição e expedição de correspondências, documentos e processos, garantindo o controle do fluxo documental.

Já o Setor de Arquivo, ou comumente chamado de Arquivo, é responsável por salvaguardar o patrimônio documental arquivístico da Empresa e garantir, de forma ágil e segura, o acesso aos documentos de arquivo e às informações neles contidas, resguardados os aspectos de sigilo e as restrições administrativas e legais; bem

como racionalizar a produção da documentação arquivista buscando reduzir os custos operacionais e de armazenagem.

Os responsáveis pela execução dessas atividades deverão, portanto, desenvolver seu trabalho observando a padronização e a uniformidade de procedimentos, que facilitem a rastreabilidade dos documentos, evitem o retrabalho e garantam a celeridade no processamento das informações e a proteção da memória institucional.

As rotinas e os procedimentos de gestão documental arquivista a seguir devem ser adotados por todos aqueles que produzem, utilizam e guardam documentos de arquivo no âmbito da Embrapa.

4.4 PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO BRASIL

A dificuldade para se encontrar locais ambientalmente adequados e economicamente viáveis para a disposição dos resíduos sólidos, demanda dos municípios a adoção de estratégias que prolonguem a vida útil dos aterros sanitários. Isso significa implantar programas que tenham como objetivo desviar ao máximo a quantidade de resíduos aterrado, tanto os recicláveis quanto os compostáveis.

Os resíduos recicláveis (papel, vidro, alumínio, plásticos, entre outros) representam em média 20 a 30% em peso do total de resíduos encaminhados para um aterro sanitário. No Brasil, a prática da coleta seletiva de recicláveis vem aumentando progressivamente, seja no âmbito formal ou informal.

Mesmo com o aumento deste tipo de serviço, nota-se que a população, em geral, não vem mudando seus hábitos diários visando a diminuição dos resíduos sólidos urbanos.

De acordo com o relatório disponibilizado em 2017, pela *Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais* (ABRELPE), o Brasil gera ao ano 78,4 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos (RSU) o que demonstra uma retomada no aumento em cerca de 1% em relação a 2016.

A ABRELPE informa também que o montante coletado em 2017 foi de 71,6 milhões de toneladas, registrando um índice de cobertura de coleta de 91,2% para o

país, o que evidencia que 6,9 milhões de toneladas de resíduos não foram objeto de coleta e, conseqüentemente, tiveram destino próprio.

No tocante à disposição final dos RSU coletados, o panorama não registrou avanços em relação ao cenário do ano anterior, mantendo praticamente a mesma proporção entre o que segue para locais adequados e inadequados, com cerca de 42,3 milhões de toneladas de RSU, ou 59,1% do coletado, dispostos em aterros sanitários.

O restante que corresponde a 40,9% dos resíduos coletados, foi despejado em locais inadequados por 3.352 municípios brasileiros, totalizando mais 29 milhões de toneladas de resíduos em lixões ou aterros controlados que não possuem o conjunto de sistemas e medidas necessários para proteção do meio ambiente contra danos e degradações, com danos diretos à saúde de milhões de pessoas.

Os recursos aplicados pelos municípios em 2017 para fazer frente a todos os serviços de limpeza urbana no Brasil foram, em média, de R\$10,37 por habitante por mês.

A geração de empregos diretos no setor de limpeza pública manteve-se estável, com ligeira variação de 0,3% em relação ao ano anterior e atingiu cerca de 337 mil postos de trabalho formal no setor. O mercado de limpeza urbana movimentou recursos correspondentes a R\$ 28,5 bilhões no país, com variação positiva em todas as regiões.

4.5 TIPO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Os chamados Resíduos Sólidos, vulgarmente denominados como lixo urbano, são resultantes da atividade doméstica e comercial dos centros urbanos. A composição varia de população para população, dependendo da situação socioeconômica e das condições e hábitos de vida de cada um. Esses resíduos podem ser classificados das seguintes maneiras:

- Matéria orgânica: restos de comida;
- Papel e papelão: jornais, revistas, caixas, papel sulfite e embalagens;
- Plásticos: garrafas, garrafões, frascos, embalagens;
- Vidro: garrafas, frascos, copos;

- Metais: latas;
- Outros: roupas, óleos de motor, resíduos de eletrodomésticos.

Alguns tipos de resíduos sólidos são altamente perigosos para o meio ambiente, podendo causar a contaminação do solo no local do despejo ou até mesmo de grandes áreas caso entrem em contato com algum riacho ou até mesmo algum lençol freático. Esse tipo de material perigoso requer um sistema de coleta, classificação, tratamento e descarte adequado e rigoroso. Podemos citar como exemplos as pilhas e baterias de telefones e equipamentos eletrônicos que são formados por compostos químicos com alta capacidade de poluição e toxicidade para o solo e a água, os quais são também, extremamente tóxicos aos seres humanos e animais.

Outro exemplo de resíduo perigoso para o meio ambiente é o papel, que causa a derrubada de árvores para a extração da celulose, resultando na devastação de florestas nativas além de possuir componentes químicos, que quando mal descartados podem contaminar o ecossistema aquático.

4.5.1 Papel e papelão: jornais, revistas, caixas, papel sulfite e embalagens

4.5.1.1 História do papel

Há registros históricos que permitem dizer que a fabricação de papel é um processo antigo. O papel largamente usado nos dias atuais é originário da China e era feito por meio de um processo que consistia na união de restos de cascas de árvores e tecidos, sendo a sugestão para sua produção oriunda de um processo realizado por vespas que a partir da mastigação de madeira podre produziam uma pasta para uso em ninhos (OSÓRIO, 2007). O segredo da produção de papel ficou guardado na China por muitos anos, sendo difundido para o mundo a partir do século VIII. No Brasil, a primeira fábrica instalada foi em Andaraí Pequeno, Rio de Janeiro, por volta de 1810 (MOTA e SALGADO, 1971).

Nos dias atuais, a madeira é a matéria-prima principal da produção de papel. As espécies mais utilizadas como matéria-prima são as pertencentes ao gênero *Pinus* que, além de apresentarem um preço reduzido, fornecem também uma maior resistência, devido ao maior comprimento de suas fibras e as espécies pertencentes ao gênero *Eucalyptus* por apresentarem acelerado ciclo de crescimento (FELÍCIA, 2009).

As cascas de madeira do gênero *Eucalyptus* são constituídas de açúcares, ceras, pectinas, alcoóis, óleos, flavonóides, gomas, resinas, suberina, celulose, hemicelulose, lignina e minerais, apresentam um teor de celulose de 40%. Do total de carboidratos, a glicose aparece como o monossacarídeo mais abundante (70 a 75%). A lignina representa de 12 a 20% da composição. Além desta composição, as cascas destas espécies apresentam ainda alto teor de sais minerais (FOEKEL, 2005 apud SOUZA, 2018).

4.5.1.2 Principais componentes da madeira relacionados a produção de papel: celulose, hemiceluloses e lignina

A celulose é um homopolímero de moléculas de glicose. Os grupos hidroxilas da glicose fazem interações entre as moléculas de hidrogênio com as de oxigênio da mesma cadeia ou cadeia vizinha, formando micro fibrilas com alta força de tensão, conferindo elevada rigidez as paredes celulares das plantas (SILVA et al., 1997 apud SILVEIRA, 2010).

É um dos componentes químicos mais abundantes do planeta e encontrados em todas as plantas na forma de micro fibrilas, sendo que as fibras com a mais pura celulose são as de algodão, de pureza aproximadamente igual a 99,8%, o que justifica seu elevado valor de alvura (DEMUNER, 2011).

As fibras de celulose sofrem intumescimento, que pode ser intercrystalino ou intracrystalino, quando colocadas em contato com certos agentes químicos. O caso mais comum de intumescimento intercrystalino é a inchação da celulose em água. Se uma fibra de celulose seca é exposta a uma atmosfera com umidade relativa de 100%, seu diâmetro aumenta entre 20 e 25% devido a absorção em água. E se em seguida esta fibra for imersa em água, seu diâmetro pode aumentar em mais 25%. O intumescimento intercrystalino da celulose pode ser causado também por

substâncias orgânicas como metanol , etanol, anilina, benzaldeído e nitrobenzeno; normalmente quanto maior a polaridade do agente empregado, maior a extensão do intumescimento (IPT, 1988. 1 v).

O intumescimento intracristalino pode ser efetuado pelo uso de soluções concentradas de ácidos e bases fortes e de soluções de alguns sais. É possível distinguir entre intumescimento intracristalino limitado e ilimitado. Quando o agente intumescedor for um complexante forte e possuir grupos volumosos, as cadeias da celulose são separadas de tal maneira que ocorre a dissolução da mesma, sendo considerado um caso ilimitado. Contudo, quando o agente combinar com a celulose em determinadas proporções estequiométricas, apenas provoca uma expansão de seu retículo cristalino, sendo, portanto, um caso limitado (IPT, 1988. 1v).

O termo hemiceluloses refere-se a polissacarídeos não constituídos de glicose e foi proposto por Schulze em 1981 (WHISTLER & SMART, 1953 apud SILVEIRA, 2010). A família das hemiceluloses compreende um grupo heterogêneo de polissacarídeos, em sua maioria ramificados, ligados firmemente entre si, às fibras de celulose e a lignina estão ligadas por meio de interações de hidrogênio consistindo em ligações relativamente fracas, o que possibilita o isolamento, ou seja, a deslignificação, por ação da água ou de soluções alcalinas, como o Hidróxido de Sódios (NaOH) ou o Hidróxido de Potássio (KOH).

Os principais monossacarídeos encontrados nas hemiceluloses são as pentoses (D-xilose e D -arabinose) e as hexoses (D-manose, D-glicose e D -galaactose), podendo também ser encontrados derivados ácidos destes monossacarídeos, como, por exemplo ácido glucurônico, manurônico e galacturônico. (SARKAR et al., 2009 apud SILVEIRA, 2010).

Assim, as hemiceluloses são classificadas conforme o monossacarídeo predominante, podendo-se encontrar, por exemplo, as xilanas e as galactanas , cujo monossacarídeo predominante é a xilose e a galactose, respectivamente. Quando há mais de um açúcar predominado na composição a xilose e a galactose , respectivamente. Quando nomes mistos são utilizados, sendo formados pelos nomes em ordem de quantidade, ou seja, o nome do que estiver em menor quantidade aparece primeiro como, por exemplo, arabinoxilanas, quando predominam arabinose e xilose , e glucogalactomananas , quando predominam ácido glucurônico, galactose e manose (SILVEIRA, 2010).

As principais hemiceluloses encontradas em vegetais são as xilanas, podendo constituir 90% da fração hemicelulósica de madeiras duras, já em madeiras macias podem corresponder a 50% da fração. Existem evidências de que xilanas e resíduos fenólicos de lignina estejam unidos por ligações covalentes, e que ligações de hidrogênio e forças de Van der Waals unem polissacarídeos a cadeia de celulose (ERIKSON et al., 1980 apud SILVEIRA 2010).

As hemiceluloses são muito hidrofílicas, devido a suas estruturas ramificadas e amorfas, o que facilita o inchamento através da absorção de água, promovendo a lubrificação interna e aumentando tanto a flexibilidade das fibras quanto a área de contato entre as mesmas. Uma consequência desta característica é a formação de ligações mais fortes entre as fibras, resultando em fibras mais conformáveis com estruturas mais coesas, além de demandar menor energia e tempo de refino (SANTOS, 2005; MANFREDI, 2010).

Entretanto, a maior retenção de água diminui a drenabilidade do papel comprometendo o andamento das máquinas de papel que normalmente já estão, no operando em suas máximas capacidades de drenagem (FERREIRA et al. 1998; SANTOS, 2005).

As ligninas são compostos polifenólicos insolúveis formados por meio da polimerização de dois precursores: guaiacil e sinrigil. Dispõem-se através da rede de ligações cruzadas entre os polímeros de hemiceluloses e celulosas das paredes celulares, o que confere elevada resistência ao envoltório celular. Tem uma coloração amarelada a levemente marrom e representa de 30 a 35% da madeira (FERREIRA FILHO, 1994 apud SILVEIRA, 2010).

O teor de lignina também é denominado como número permanganato, devido a sua comum determinação através da oxidação da lignina residual com permanganato de sódio, em solução acidificada (ANDRADE, 2005).

A lignina é o composto mais indesejável da madeira para a produção de pasta celulósica, pois exige maior quantidade de álcali para a deslignificação, implicando em maior degradação dos carboidratos e dissolução dos polissacarídeos de baixo peso molecular, o que provoca a redução no rendimento, na viscosidade da polpa e na resistência física, além de gerar maior quantidade de sólidos para ser queimada na caldeira (ALENCAR, 2002 apud MARANESI, 2010).

A taxa de amolecimento da lignina depende da temperatura e do teor de umidade da madeira. Quando submetida ao calor começa a amolecer ao redor dos 160 C, contudo, na presença de maior umidade o amolecimento inicia-se por volta dos 125 C (BETINI & GALATTI, 1995).

4.5.1.3 Produção Industrial de papel

O papel é fabricado com fibras de celulose extraídas da madeira. Seu processo de produção começa com a derrubada das árvores, que são cortadas, descascadas e picadas. As pequenas lascas de árvore são cozidas em agentes químicos diluídos em água e, deste processo, resulta um material chamado polpa.

Após a lavagem da polpa, as lascas não dissolvidas são retiradas junto com as demais impurezas. A polpa é deixada em repouso, separando a celulose dos resíduos que ficaram, para branquear o material. Todos os resíduos que sobraram são queimados por turbo geradores a vapor e transformados em energia elétrica, alimentando as máquinas que fabricam o papel.

Para secar e alisar a polpa de celulose, ela é colocada em uma máquina, na qual passa por uma esteira rolante, tornando-se uma grande folha. Alguns tipos de papel, como o couchê, recebem ainda uma película para ficar brilhantes.

No final de todo o processo, a folha passa por outras máquinas, que a descolam da esteira rolante e a transformam em grandes rolos (bobina). Nesta fase, o papel está pronto para ser cortado e empacotado.

Atualmente, 100% do papel produzido no Brasil é oriundo de reflorestamento, de acordo com a Associação Brasileira da Indústria Gráfica (Abigraf). Além de não provocar o desmatamento, o plantio de árvores para produção de celulose, papel e de outros produtos industriais, contribui para a redução do efeito estufa uma vez que as árvores, ao crescerem, capturam CO_2 da atmosfera e convertem em O_2 . Porém, uma consequência negativa deste processo é o uso de componentes químicos para o branqueamento do papel. Esses resíduos podem prejudicar o meio ambiente quando são descartados incorretamente, afetando desta forma os ecossistemas aquáticos.

Segundo Castro Heizir (2009), as propriedades do papel e da celulose dependem do processo industrial utilizado e segundo a classificação adotada pela Indústria de Papel Simão, existem três tipos diferentes de celulose para produção de papel, com características e usos diversos, conforme listado na Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação e usos dos tipos de celulose utilizados na manufatura do papel

Tipos	Características	Usos
Pasta mecânica	Resistência física reduzida, Baixo custo, Boa capacidade de impressão Alta opacidade	Papel de jornal, catálogos, revistas, papéis de parede, papéis absorventes, papelão.
Celulose semi-química	Características bem variáveis de processo para processo	Papelão corrugado, papel de jornal, papel de impressão, escrita e desenho
Celulose sulfato/ Kraft	Escura Opaca e Bastante resistente	Não branqueada: papéis, papelões e cartões para embalagens e revestimentos Branqueada: Papéis de primeira para embalagens, impressão (livros, mapas etc.)

Fonte: Autor

4.5.1.4 Processo de Impressão do Papel

Um dos aspectos mais importantes no desenvolvimento de um projeto gráfico é o conhecimento a respeito dos tipos de impressão. Saber a diferença entre os sistemas, bem como suas possibilidades e limitações, é fundamental para alcançar o resultado ideal. Os tipos de impressão mais conhecidos no mercado gráfico, são: Impressão offset, impressão híbrida, impressão digital, serigrafia, rotogravura e flexografia. No entanto, abordou-se apenas o tipo de impressão offset, o qual tem relevância para os objetivos da pesquisa.

A impressão denominada offset é a mais conhecida no mercado gráfico e tem como benefícios a rapidez, a alta qualidade, ser perfeita para grandes quantidades e pode ser utilizada em diversas gramaturas. O papel offset é utilizado por diversos setores da economia e é próprio para impressão, sendo que o papel sulfite é o mais conhecido dentre os offsets. Ele é fabricado com bastante cola, superfície uniforme livre de felpas, penugem e preparado para resistir aos efeitos da umidade, facilitando assim a fixação de tintas pretas na sua superfície (apud SOUZA, 2018), componentes agregadas ao futuro papel descartado.

As tintas pretas de caneta ou de cartuchos apresentam como componente básico uma substância denominada “negro de fumo”. No caso de tintas de impressoras, são usados ainda outros polímeros (que vêm do petróleo, derivados de óleo de pinho ou breu) e solventes que são derivados do petróleo e evaporam rapidamente (VELSON, 2013).

O negro de fumo “carbonblack” é um produto obtido por meio de decomposição térmica (pirólise) ou combustão parcial de hidrocarbonetos gasosos ou líquidos. Suas características principais são o elevado poder de pigmentação e a capacidade de elevar a resistência de materiais, como acontece quando este é combinado com as borrachas para formar pneus. No ramo das especialidades, o negro de fumo é aplicado em tintas de alto desempenho como as utilizadas em impressoras a jato de tinta (BNDES, 1998).

O negro de fumo é um pó preto, insolúvel em água, estável a uma taxa de até 300°C. Pode liberar durante a sua decomposição monóxido de carbono, dióxido de carbono e óxidos de enxofre. Apresenta pH > 7 (50 gl-1 a 20). É considerado um produto que apresenta risco à saúde humana, como contaminante do ar, classificado como cancerígeno grau dois por inalação prolongada do produto. Não se espera bioacumulação deste produto devido às suas características físico-químicas, não sendo, portanto, classificado como lixo ambiental perigoso para o meio ambiente (BASILE QUÍMICA, 2017, apud SOUZA, 2018)

Em um cartucho de tinta 27% é constituído pelos corantes e os outros 73% são constituídos por substâncias que aceleram a secagem, aumentam a proteção e realizam outras funções que garantem uma boa impressão. Outros constituintes dos cartuchos são: 17% aditivos antiobstrução por resíduos, 15% são amortecedores, 13% são aditivos antiespiral, 11% são conservantes, 6% são surfactantes, 6% são cosolventes, 2% umectantes, 2% polímeros ligantes e 1% agentes quelantes. Estes dados referem-se a um cartucho de tinta novo da marca HP (CARDOSO, 2014).

Os toners usados em máquinas copiadoras também apresentam como pigmento principal o negro de fumo. São ainda usados na fabricação do mesmo, cerâmica ou sílica como transportador de carga, resinas de poliéster que hoje substituem as resinas de acrílico por serem menos poluentes e produzem gases menos tóxicos e ceras como agentes de brilho. Esse toner é classificado como

Ferroso, sendo o mais usado em copiadoras (RODRIGUES, 2009, apud SOUZA, 2018).

Portanto, é possível verificar que tanto o papel, quanto os pigmentos de escrita são altamente prejudiciais ao meio ambiente se descartados de forma incorreta e, que a identificação de tecnologias sociais que tenham como premissa a diminuição do descarte inadequado destes materiais, é fundamental para a natureza. Como por exemplo, tecnologia embasada no processo de compostagem.

4.6 COMPOSTAGEM

A compostagem pode ser definida como um processo controlado de decomposição aeróbia e exotérmica da substância orgânica biodegradável, por meio da ação de microrganismos autóctones, com liberação de gás carbônico e vapor de água, produzindo, ao final, um produto estável e rico em matéria orgânica (DE BERTOLDI et al., 1983; SENESI, 1989; ABNT, 1996; BIDONE e POVINELLI, 1999; KIEHL, 2004, MASSUCABO, 2008).

Decomposição é a quebra do material orgânico que geralmente apresenta-se na forma de polímeros gerando materiais que podem ser absorvidos por células bacterianas. É um processo complexo facilitado pelos organismos constituintes da macrofauna e finalizado por microrganismos. O processo é dependente do grau de degradabilidade do resíduo, podendo ser rápida (dias ou meses) ou lenta (anos) (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006 apud SOUZA, 2018)

Em um processo de decomposição são necessários dois tipos de materiais: aqueles ricos em nitrogênio (folhas verdes, estrumes de animais, urinas, solo, restos de vegetais hortícolas, ervas, etc.) e outros ricos em carbonos (cascas de árvores, aparas de madeira, podas dos jardins, folhas e galhos de árvores, palhas, fenos e papel) (OLIVEIRA; SARTORI; GARCEZ, 2008), sendo que a relação ideal C/N para compostagens deve ser 3/1, sendo que 2/3 do carbono se perderá na forma de CO₂ e 1/3 do carbono se unirá ao nitrogênio para compor as estruturas celulares dos microrganismos (OLIVEIRA; SARTORI; GARCEZ, 2008). Além destes materiais, outros fatores influenciam bastante como: presença de oxigênio e tamanho das

partículas. Ressaltando que, partículas muito pequenas podem gerar compactação do material e partículas muito extensas apresentam menor superfície de contato dificultando o acesso do microrganismo decompositor (OLIVEIRA; SARTORI; GARCEZ, 2008). É importante ressaltar que considerando que o metabolismo dos microrganismos envolvidos na compostagem é extremamente sensível as variações de temperatura, nível de oxigênio, quantidade e qualidade do material compostável, relação C/N, pH, e disponibilidade de nutrientes, infere-se que esse são os principais fatores que devem ser controlados. (MASSUKABO, 2008)

Neste contexto, o processo de compostagem atuará como agente no processo de reaproveitamento do papel descartado, transformando-o em fertilizante natural e ajudando a minimizar os problemas ambientais causados pelo mal descarte do material.

4.6.1 Processo de compostagem

Apesar de ser considerado pela maioria dos autores como um processo aeróbio, a compostagem também referida como um processo biológico de decomposição aeróbia e anaeróbia, sendo realizada em sua quase totalidade por processos aeróbios (OLIVEIRA, GARCEZ E SARTORI, 2008).

Assim, o entendimento é que existem dois tipos de compostagem: a compostagem aeróbia e a anaeróbia. No primeiro tipo, mais comum, os organismos que decompõem a matéria orgânica necessitam de oxigênio para que ocorram as reações químicas. Já na anaeróbica a compostagem acontece quando a matéria passa por uma fermentação em ambiente com pouco oxigênio. Também existem tipos de compostagem que utilizam o processo aeróbio com utilização de minhocas, conhecidos como vermicompostagem.

4.6.1.1 Compostagem aeróbia

A compostagem aeróbica pode ocorrer ao ar livre (Figura 1), em um tambor ou ainda em um revolvedor, a decomposição é realizada por microrganismos que só

vivem na presença de oxigênio. A temperatura pode chegar até 70 C, os odores emanados não são agressivos e a decomposição é mais veloz. O processo de compostagem aeróbia de resíduos orgânicos tem como produto final o fertilizante (composto orgânico/adubo), um material rico em húmus e nutrientes minerais que pode ser utilizado na agricultura, jardins, etc. como condicionador de solos, com algum potencial fertilizante (RESOL, 2020).

Figura 1 - Modelo de compostagem tipo aeróbia



Fonte: Disponível em: <<http://www.snatural.com.br/compostagem-domestica-composteira-bag/>>. Acesso em: 10 out. 2020.

4.6.1.2 Compostagem anaeróbia

Nesse segundo tipo pode ocorrer em sacolas plásticas ou recipientes plásticos bem fechados (Figura 2) e costuma gerar cheiro forte, por causa da produção de sulfeto de hidrogênio. A decomposição é realizada por microrganismos que podem viver em ambientes sem a presença de oxigênio; ocorre em baixas temperaturas, com exalação de fortes odores e leva mais tempo até a estabilização.

Figura 2 - Modelo de compostagem tipo anaeróbia



Fonte: Disponível em: <<https://www.portaldobiogas.com>>. Acesso em: 05 nov. 2020

4.6.1.3 Vermicompostagem

A oxidação e estabilização da matéria orgânica, resultante da ação combinada de minhocas e da microflora que vive em seu trato digestivo, é definida como vermicompostagem (EDWARDS & FLETCHER, 1988; AQUINO et al., 1992). Embora os microrganismos sejam responsáveis pela degradação bioquímica da matéria orgânica, minhocas influenciam física e bioquimicamente o processo (NADDAFI et al., 2004). A estabilização da matéria orgânica é alcançada pelo metabolismo de algumas espécies de minhocas ao se alimentarem desse material. As minhocas ingerem rapidamente a matéria orgânica, transformando-a em um composto de melhor qualidade do que os produzidos pelo método tradicional de compostagem.

A vermicompostagem é realizada em composteiras específicas (Figura 3) tem a vantagem de ter um baixo custo de capital e de operação, simplicidade de ação e eficiência relativamente alta. A acelerada humificação do vermicomposto reflete em um decréscimo da relação C/N e aumento de nutrientes minerais (N, P e K) relacionada com a mineralização da matéria orgânica pelas minhocas (ATIYEH et al., 2001).

Figura 3 - Modelo de composteira tipo vermicompostagem



Fonte: Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/2089-tipos-de-composteira>>. Acesso em: 10 out. 2020.

4.6.2 Intervalos de temperatura: fator preponderante das fases de compostagem

Os intervalos de temperatura definem as fases da compostagem em: termófila, mesófila e de maturação, as quais são caracterizadas pela predominância de determinada comunidade microbiológica. Temperaturas entre 45°C e 65°C atingidas durante o processo de compostagem caracterizam a fase denominada termófila na qual ocorre intensa atividade microbiológica com elevado consumo de oxigênio. Essa fase é considerada fitotóxica para as plantas devido ao desenvolvimento de diversos ácidos minerais e orgânicos (KIEHL, 2004; BARREIRA, 2005).

A manutenção da temperatura termófila por um determinado período garante a quase completa erradicação de ervas daninhas e microrganismos patogênicos, contribuindo assim, para uma melhor qualidade sanitária do composto (BIDONE e POVINELLI, 1999; ANDREOLI, 2001; KIEHL, 2004). A norma USEPA 40 CFR part 503 e a norma para qualidade do composto do *Canadian Council of Minister of the Environment (CCME)* preconizam temperatura mínima de 55 °C por pelo menos três dias para o processo de leiras estáticas aeradas e 55 °C por pelo menos 15 dias, com no mínimo 5 revolvimentos nesse processo, para o processo de leiras revolvidas para assegurar a eliminação de organismos patogênicos (ACR, 2005).

Kiehl (2004, p. 46), faz um alerta quando as temperaturas são superiores a 70°C, por longo período, uma vez que

[...] são desaconselháveis por restringirem a ação dos microrganismos mais sensíveis, insolubilizar proteínas hidrossolúveis, provocar alterações químicas indesejáveis e desprendimento de amônia, se o material possuir baixa relação C/N.

A fase que antecede e também sucede a termófila é denominada mesófila caracterizada por temperaturas entre 20° C e 45° C. A primeira fase da temperatura mesófila ocorre no início da compostagem, durando poucos dias, fornecendo condições necessárias para que o processo se inicie, ocorrendo a proliferação dos microrganismos termófilos.

Segundo Andreoli (2001, p. 39),

quando o substrato orgânico é, em sua maior parte, transformado, a temperatura diminui, a população termófila se restringe, a atividade biológica global se reduz de maneira significativa e os mesófilos se instalam novamente.

Nessa fase inicia-se o processo de humificação e maturação da matéria orgânica. Ressalta-se que os intervalos de temperatura que caracterizam as fases termófila e mesófila não são estáticos, podendo variar de acordo com a composição da matéria-prima a ser compostada, da granulometria, das dimensões da leira, teor de umidade, disponibilidade de oxigênio, entre outros (BARREIRA, 2005; REIS, 2005). O importante é saber que em cada fase há o desenvolvimento de um ou mais grupos de microrganismos, que exercem diferentes funções de biodegradação da matéria orgânica.

A maturação é considerada o estágio final da degradação do material compostável na qual a quantidade de oxigênio requerida é menor, tornando o processo biológico mais lento, a temperatura tende a baixar até se aproximar a do ambiente e ocorre a mineralização da matéria orgânica (SHARMA et al., 1997, BARREIRA, 2005; PESSIN et al., 2006). Nessa etapa, o composto, agora denominado de maturado, já apresenta propriedades físicas, químicas, físico-químicas e biológicas desejáveis para aplicação no solo (KIEHL, 2004).

4.6.3 Importância do tamanho das partículas de resíduos

Segundo Bidone e Povinelli (1999, p. 56.), as dimensões ideais de partículas para montar uma leira devem estar compreendidas entre 1 cm e 5 cm. Se as partículas forem muito finas, pode ocorrer compactação excessiva do material [...]; se ao contrário, as partículas forem muito grossas, deve-se triturá-las antes da montagem das leiras”. Outros autores, como Pessin et al. (2006) e Andreoli et al.(2001), consideram um intervalo de 2,5 a 7,5 cm, para o tamanho das partículas, como o ideal para a compostagem.

Porém, observa-se que alguns RSD (resíduos sólidos domésticos) têm tamanhos maiores que o recomendado na literatura e, a sua trituração, para diminuir o tamanho das partículas, muitas vezes, não é viável para pequenas unidades de compostagem (até 1 t/d), seja pelo alto teor de umidade dos RSD, seja pela falta de equipamento adequado para esta operação. Uma alternativa para as pequenas unidades de compostagem é montar as leiras e esperar algumas semanas até que o material se encontre mais seco para então triturá-lo.

O tamanho das partículas, o tipo e a quantidade de resíduo a ser composta do irão influenciar no tamanho da leira. Se esta for muito pequena pode ocorrer a não retenção do calor e, como consequência, a fase termófila pode não ser alcançada, resultando na não eliminação dos organismos patogênicos (SHEPERD, 2008).

4.6.4 Umidade ideal da massa de resíduos

O teor de umidade da massa de resíduos depende das condições físicas iniciais do material de entrada, do tamanho das partículas e do estágio de decomposição na qual a leira ou pilha se encontra. A literatura recomenda um valor ideal de umidade em torno de 45 a 55%, sendo que valores acima de 65% levam a anaerobiose do sistema e, portanto, liberação de maus odores. Teores de umidade inferiores a 40% podem reduzir a atividade biológica, retardando o desenvolvimento do processo (BIDONE; POVINELLI, 1999; KIEHL, 2004; BARREIRA, 2005; PESSIN et al., 2006). A fração orgânica dos resíduos sólidos domiciliares apresenta,

geralmente, umidade de 55%, razão pela qual a compostagem representa uma interessante alternativa para o seu tratamento.

Quando há excesso de umidade, o seu ajustamento pode ser realizado por meio de revolvimentos, injeção de ar ou adição de material seco à leira. Numa situação inversa, quando a umidade for baixa, é necessário fazer a irrigação da leira, de preferência no momento do revolvimento, para que a água seja distribuída igualmente. Segundo Barreira (2005, p. 39), “o excesso de umidade em uma leira de compostagem pode ser facilmente percebido pela exalação de odores característicos de condições anaeróbias, como por exemplo, pela formação de gás sulfídrico (H₂S)”.

4.6.5 Importância da aeração e revolvimento dos resíduos durante o processo de compostagem

O revolvimento é uma atividade importante durante o processo de compostagem, pois tem a função de aerar o composto de forma a eliminar o calor excessivo ou reduzir a umidade excessiva. Existem diversas formas de aerar, sendo as principais o revolvimento manual, o mecânico e a injeção de ar.

De acordo com USEPA (1994), a quantidade necessária de oxigênio para a compostagem depende do estágio em que ela se encontra, do tipo do resíduo, do tamanho da partícula e da umidade do substrato, sendo que na primeira fase da compostagem, ou seja, de rápida degradação, verifica-se uma grande necessidade de suprimento de oxigênio para dar início ao processo. Na fase seguinte - a maturação - tem-se uma redução na atividade microbiana e, portanto, menor necessidade de aeração (ANDREOLI et al., 2001).

Para Fernandes e Silva (1999), durante a compostagem, deve-se revolver no mínimo três vezes por semana para atender aos seguintes objetivos:

- Aumentar a porosidade do meio, que sofre uma compactação natural devido ao peso próprio do resíduo;
- Homogeneizar a leira;
- Expor as camadas externas às temperaturas mais elevadas do interior da leira, melhorando a eficiência de desinfecção;

- Diminuir o teor de umidade dos resíduos e;
- Controlar a temperatura do processo.

Ressalta-se que os intervalos de aeração tendem a aumentar, uma vez que o composto vai se estabilizando e a atividade microbiana se torna menos intensa. A aeração também é utilizada para controlar o excesso de temperatura, sendo comum a prática de insuflamento de ar comprimido no composto. A taxa de oxigênio a ser insuflado pode ter um teor de 5 a 10 vezes maior do que o necessário à respiração microbiana na leira dissipando, assim, o calor liberado no processo (ANDREOLI, 2001).

Segundo Kiehl (2004, p. 143),

As partes do composto que devem merecer maior atenção durante o revolvimento são as mais externas, expostas ao sol e ao vento, mais frias, ressecadas, e as da base e centro da leira, mais úmidas, frias, pobres em oxigênio e de atividade microbiana menos intensa.

A decisão sobre qual método de aeração adotar irá depender do tamanho do composto, localização da unidade de compostagem, disponibilidade de mão de obra e recursos financeiros. Os revolvimentos manuais são mais indicados para compostagem de menor porte, até 500 kg, e quando há disponibilidade de mão de obra. O revolvimento mecânico ocorre em situações onde se trabalha com compostagem de maior porte e que haja recursos humanos qualificados para operar o equipamento, que pode ser desde uma pá carregadeira, até equipamentos específicos para o revolvimento. A injeção de ar é interessante quando há pouco espaço disponível; a unidade de compostagem se encontra próxima a habitações e equipamentos urbanos e; quando os resíduos que vão constituir a mistura da leira são bem definidos.

4.7 LEGISLAÇÃO NO BRASIL SOBRE ALGUNS TIPOS DE RESÍDUOS UTILIZADOS PARA COMPOSTAGEM E POSSÍVEIS CONTAMINANTES NO COMPOSTO

A compostagem é considerada uma destinação final ambientalmente

adequada de resíduos, quando é permitida pelos órgãos do Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA), Sistema Nacional de Vigilância Sanitária (SNVS) e Sistema Unificado de Atenção à Sanidade Agropecuária (SUASA). Quanto à origem, o esterco bovino é considerado um resíduo agrossilvopastoril e os resíduos de papel em branco e impresso são classificados como lixo domiciliar (BRASIL, 2010).

Os resíduos de papel e papelão são classificados como resíduos não perigosos. Não há uma classificação específica sobre papel impresso, mas as tintas de impressão podem apresentar 18 características de periculosidade por suas propriedades (ABNT, 2004). Os compostos novos que ainda não foram aprovados devem seguir as regulamentações definidas pelo Artigo 15–Decreto nº 4.954 de 2004, alterado pelo decreto nº 8.384 de 29 de dezembro de 2014 e Instrução Normativa (IN) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) nº 53/2013. Estas duas legislações regulamentam a produção, comercialização, garantias mínimas e contaminantes no composto (BRASIL, 2016).

4.8 CUSTO RISCO EFETIVIDADE

Difícil falar em efetividade sem trazer consigo o custo e risco, logo pode-se refletir neste estudo a relação custo-risco-efetividade Sandri (2014). Análise de custo-risco-efetividade nada mais é do que uma técnica que visa assistir o responsável por tomadas de decisões dentro de um processo e fazer escolhas em meio a várias alternativas disponíveis, ou seja, é uma série de procedimentos analíticos e matemáticos que irão auxiliá-lo dentro do processo de tomada de decisões importantes que pode envolver produtividade, otimização de custos e acima de tudo, sustentabilidade (BARROS, 2013).

Para que seja possível a realização da análise neste trabalho é importante entender o que são: Adubação Química e Adubação Orgânica.

Na adubação química, os fertilizantes químicos aplicados no solo proporcionam produtividade elevada e imediata do cultivar, porém as sucessivas aplicações desses fertilizantes podem comprometer tanto a qualidade nutricional dos alimentos quanto as características do solo, em algumas situações, levando a um esgotamento do potencial produtivo dele (PORTO, 2013). Esse esgotamento ocorre

devido ao cultivo de monoculturas por longos períodos que provocam o empobrecimento nutricional do solo. Logo, a aplicação desses fertilizantes faz-se necessária para favorecer o crescimento dos cultivares nesses solos pobres para determinada cultura.

Na adubação orgânica, o adubo ou fertilizante orgânico é o produto de origem vegetal, animal ou agroindustrial que aplicado ao solo proporciona a melhoria de sua fertilidade e contribui para o aumento da produtividade e qualidade das culturas. Os esterco de animais, os resíduos de culturas e os adubos verdes constituem as principais fontes de adubos orgânicos disponíveis (MESQUITA, 2015). Um exemplo de aplicação de adubo orgânico foi abordado no estudo de (SILVA; VILLAS BÔAS; SILVA, 2010), o qual mostra que os compostos orgânicos constituído de papel, folhas verdes, esterco bovino, restos vegetais hortícolas e ervas daninhas, fornecem nutrientes suficientes para suprir a cultura de alface em um primeiro cultivo substituindo os fertilizantes químicos convencionais.

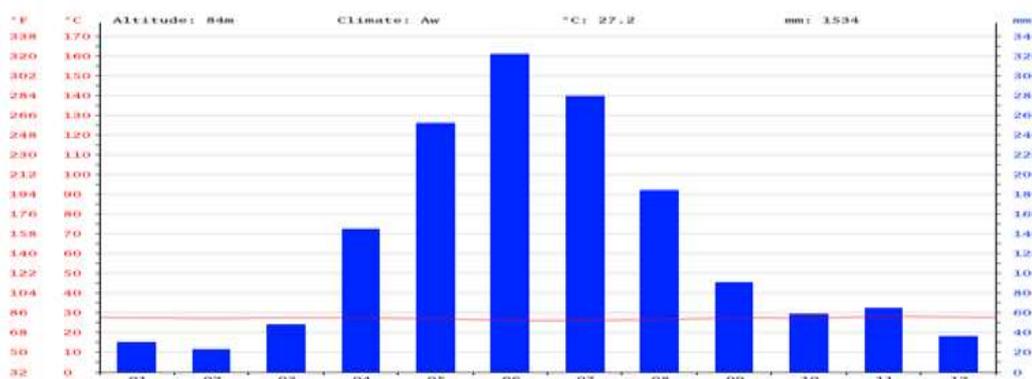
Esse tipo de análise, geralmente, é esquecida a nível de campo, mas pode trazer ao produtor rural importantes benefícios resultantes da análise custo-risco-efetividade (SOUZA, 2016).

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido no ano de 2019/2020 na Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA/RR - sediada na cidade de Boa Vista/RR (02 49' 12" N; 60° 40' 23" W–Altitude: 85 m). Nesta cidade, o clima é classificado como AW, sendo quente e opressivo. As temperaturas médias variam em torno de 24°C e 36°C e a pluviosidade média é de 1.534 mm. As temperaturas mais elevadas, na média, são registradas em novembro e as maiores pluviosidades, na média, são registradas em junho (Figura 4).

Figura 4 - Temperaturas e precipitações médias em Boa Vista/RR



Fonte: Disponível em: <<https://images.climate-data.org/location/3894/climate-graph.png>>

5.2 RESÍDUOS ORGÂNICOS UTILIZADOS NA PESQUISA

As atividades realizadas pela Embrapa Roraima resultam diferentes resíduos e, de acordo com o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos (PGRS) da Unidade (2018), os resíduos produzidos se dividem quanto a sua atividade/localidade de geração em resíduos: gerais, de laboratórios e campos experimentais e ainda são classificados e segregados como perigosos, rejeitos, orgânicos e recicláveis.

Na tabela 2, destaca-se alguns dos resíduos gerados pela Embrapa Roraima.

Tabela 2 - Resíduos orgânicos gerados na Embrapa Roraima

Fonte de geração	Resíduos orgânicos	Quantidade aproximada de geração
Jardinagem	Folhas, galhos, raízes e grammas oriundos de poda e roçadas dos jardins (ALBUQUERQUE et al.,2009).	
Copas e Cozinhas	Pó de café utilizado e outros oriundos da alimentação de empregados e colaboradores (ALBUQUERQUE et al.,2009).	25,0 kg/dia
Coleta Seletiva Solidária (1)	Papel, papelão e papel misto	651,9 kg/ano

Nota¹: Resíduos coletados pelo programa de Coleta Seletiva Solidária da Unidade.

Os resíduos orgânicos gerados por semana, havendo necessidade de uma coleta específica, são manuseados internamente por empresa terceirizada para atendimento ao PGRS da empresa. Os resíduos gerados pelos laboratórios são segregados, sendo que os recicláveis são incluídos no Programa de Coleta Seletiva Solidária e os resíduos químicos são encaminhados para o Laboratório de Resíduos da Unidade, o qual efetua a guarda/trata/destina com a devida segurança.

Os resíduos provenientes dos campos experimentais são gerados de duas formas: grande parcela é produzida no momento da colheita, permanecendo na própria área de cultivo (plantio direto), e a outra parcela são as embalagens plásticas oriundas dos produtos, geralmente agro-químicos, utilizados nos experimentos de pesquisa. Neste último caso, elas são guardadas em locais devidamente apropriados nos próprios campos experimentais e uma vez por ano coletadas para serem entregues a empresas parceiras que fazem a destinação final adequada.

Os resíduos utilizados no presente experimento de compostagem consistiram daqueles gerados pela Unidade, conforme o Tabela 3.

Tabela 3 - Resíduos orgânicos a serem compostados

Resíduos	Matéria orgânica
R1	Papel sulfite impresso
R2	Folhas verdes de mangueiras resultante de podas das árvores
R3	Folhas secas de mangueiras resultantes de limpeza de área externa
R4	Pó de café utilizado

Fonte: Adaptado de PGRS (2018).

Os resíduos secos compostos por R1, R2 e R3 foram triturados manualmente de forma a atender a medida ótima para decomposição da matéria orgânica: 1 a 5 cm (PEREIRA NETO, 2007). Já o resíduo úmido foi seco ao sol para poder ser utilizado nas análises experimentais.

Realizou-se uma coleta para composição de 5 amostras dos resíduos iniciais (R1, R2, R3 e R4) para caracterizar os seguintes parâmetros físico-químico: umidade, pH, carbono total, nitrogênio total e relação C/N.

5.3 EXPERIMENTOS E TRATAMENTOS UTILIZADOS

O experimento foi realizado em ambiente coberto, em recipientes plásticos impermeáveis, com capacidade de 80 litros. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 4 tratamentos e 1 amostra referência.

Os materiais utilizados para a realização da compostagem foram: papel sulfite impresso com tinta preta de cartucho (PSI), pó de café utilizado (PC), folhas secas de árvores tipo mangueiras (FSM) e folhas verdes de árvores tipo mangueiras (FVM). Estes materiais foram escolhidos por serem facilmente conseguidos em qualquer empresa, seja ela pública seja ela privada.

O papel sulfite impresso utilizado foi proveniente de resíduos gerados na Embrapa-RR. Para ser utilizado nos experimentos, foram recortados em quadrados de aproximadamente 3cm de largura e 3cm de altura (Figura 5). O pó de café utilizado também foi oriundo do reaproveitamento dos resíduos gerados na Embrapa-RR.

Por aproximadamente 1 mês, foram coletados os pós de café (Figura 5) das cafeteiras existentes na empresa. Após, o material foi introduzido em bandejas para secagem ao sol. Tanto as folhas secas quanto as verdes das árvores tipo mangueiras, foram coletadas após podagem ou limpeza da área externa da Embrapa-RR e, posteriormente, foram trituradas/recortadas em pedaços de aproximadamente 1cm de largura por 1cm de altura (Figura 6).

Figura 5 – Papel Sulfite e Pó de Café utilizado



Fonte: Autor

Figura 6 - Folhas Verdes e Secas de Mangueiras



Fonte: Autor

Os materiais foram distribuídos nas lixeiras/composteiras na proporção de 3 partes dos materiais ricos em carbono (papel sulfite + folhas secas) com 1 parte dos materiais ricos em nitrogênio (pó de café + folhas verdes), definidos de acordo com informações técnicas obtidas na literatura vigente, exposto na Tabela 4 abaixo.

Tabela 4 - Relação de materiais selecionados para a experimentação

Materiais ricos em carbono	Materiais ricos em Nitrogênio
- Papel (sem tinta ou químicos)	- Borrás de café
- Podas de jardim (folhas e galhos de árvores)	- Folhas verdes

Fonte: Adaptado e Disponível em: <<https://www.ecycle.com.br/component/content/article/63/2551-relacao-equilibrio-como-fazer-como-equilibrar-composteira-vermicompostagem-carbono-nitrogenio-minhocas-c-n-organico-micro-organismos-verdes-marrons-umidos-secos-folha-serragem-podas-restos-de-comida.html>>. Acesso em: 10 out. 2020.

Cada lixeira/composteira (Figura 7) representou uma análise experimental, pois continha diferentes quantidades de papel sulfite. Esta diferenciação teve o intuito de descobrir qual o limite de papel sulfite que pode ser utilizado na

composição do composto orgânico.

Figura 7 - Lixeiras/Composteiras em diferentes cores utilizadas na experimentação



Fonte: Autor

As análises experimentais ficaram da seguinte forma:

Experimento 1: O experimento 1 (E1) foi montado no dia 06/12/2019, na lixeira industrial de cor azul e inseriu-se 7,5% de papel sulfite no total do material. Nela foram colocados 2 camadas de materiais distribuídos da seguinte forma: 2,7 kg de folhas secas, 300 gramas de papel sulfite, 800 gramas de folhas verdes e 200 gramas de pó de café. Para umidificação inicial utilizou-se 10 litros de água. Chorume expelido foi de 2 litros. Peso final total de 19 kg.

Experimento 2: O experimento 2 (E2) foi montado no dia 06/12/2019, na lixeira industrial de cor cinza e inseriu-se 10% de papel sulfite no total do material. Nela foram colocados 2 camadas de materiais distribuídos da seguinte forma: 2,6 kg de folhas secas, 400 gramas de papel sulfite, 800 gramas de folhas verdes e 200 gramas de pó de café. Para umidificação inicial utilizou-se 10 litros de água. Chorume expelido foi de 3 litros. Peso final total de 19,6 kg.

Experimento 3: O experimento 3 (E3) foi montado no dia 06/12/2019, na lixeira industrial de cor laranja e inseriu-se 12,5% de papel sulfite no total do material. Nela foram colocados 2 camadas de materiais distribuídos da seguinte forma: 2,5 kg de folhas secas, 500 gramas de papel sulfite, 800 gramas de folhas verdes e 200 gramas de pó de café. Para umidificação inicial utilizou-se 10 litros de água. Chorume expelido foi de 3 litros. Peso final total de 18,4 kg.

Experimento 4: O experimento 4 (E4) foi montado no dia 06/12/2019, na lixeira industrial de cor verde e inseriu-se 15% de papel sulfite no total do material. Nela foram colocados 2 camadas de materiais distribuídos da seguinte forma: 2,4 kg de folhas secas, 600 gramas de papel sulfite, 800 gramas de folhas verdes e 200 gramas de pó de café. Para umidificação inicial utilizou-se 10 litros de água. Chorume expelido foi de 3,5 litros. Peso final total de 18,9 kg.

Experimento referência: O experimento Padrão (EP) foi montado no dia 06/12/2019, na lixeira industrial de cor vermelha e não foi inserido papel sulfite. Nela foram colocados 2 camadas de materiais distribuídos da seguinte forma: 3 kg de folhas secas, 800 gramas de folhas verdes e 200 gramas de pó de café. Para umidificação inicial utilizou-se 10 litros de água. Chorume expelido foi de 2,8 litros. Peso final total de 18,3 kg.

A proporção do papel levou em conta uma taxa de decomposição de 60% em 45 dias quando o papel não excede 27% do volume total (ALVAREZ et al., 2009).

Todas as lixeiras/composteiras tiveram a inserção de uma torneira na parte inferior para que fosse possível a liberação do excesso de água proveniente da umidificação. Também foram inseridas barras de ferro nos compostos para a verificação manual da temperatura. As tampas ficavam abertas para a areação do material.

5.4 TEMPERATURA, UMIDADE, REVOLVIMENTO E VOLUME DA MASSA

Durante o processo de compostagem, tanto a temperatura quanto a umidade foram controladas pelo teste de mão (NUNES, 2009) e a massa era revirada a cada 14 dias para oxigenação. Sempre que necessário a reposição de água era feita. O volume da massa foi medido em balança de precisão no início da análise experimental e no final, quando o material apresentou as características de maturidade. Depois de 120 dias, após apresentar as características de maturidade descritas na literatura, foram coletadas amostras de aproximadamente 500 gramas de cada experimento, para que as análises químico/físicas fossem feitas. O laboratório escolhido para o envio das amostras para análise foi o da Pirasolo, empresa localizada em Piracicaba/SP, com grande reputação nacional, atuante

desde de 1987 na prestação deste tipo de serviço.

5.5 RELAÇÃO DO CUSTO RISCO EFETIVIDADE DOS PRODUTOS

Para a realização da análise custo-risco-efetividade dos produtos desenvolvidos neste trabalho, foram elaborados dois cálculos. O primeiro foi em relação ao custo total para o desenvolvimento da tecnologia e o segundo o custo dispendido para uma possível comercialização do produto, sempre levando em consideração uma comparação com o adubo químico NPK 4-14-8, utilizando as quantidades necessárias para a produção de alface americana. Todos os dados dos custos mais a dosagem, grau de efetividade e toxidade, foram obtidos nos dados comerciais de venda do adubo químico bem como através do estudo realizado com a aplicação e comparação dessas variáveis na produtividade de alface americana realizado por (SILVA, VILLAS BÔAS e SILVA, 2010).

O objetivo desta análise é o de proporcionar ao interessado uma visão econômica da tecnologia em comparação a outro tipo de adubo extremamente utilizado no dia a dia para que assim o mesmo possa ter embasamento para tomar a decisão de qual tipo de adubo irá utilizar.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para definir a qualidade de um composto devem ser analisados a umidade, o índice de PH, a relação C/N e o teor de nitrogênio total (KHIEL, 2010). Assim, neste tópico estão apresentados de forma sequencial, os resultados obtidos contrastados com a legislação pertinente e referenciais teóricos. Além destes, também estão apresentados os resultados obtidos, relacionados as características físico-químicas dos cinco produtos obtidos na pesquisa experimental.

6.1 TEMPERATURA

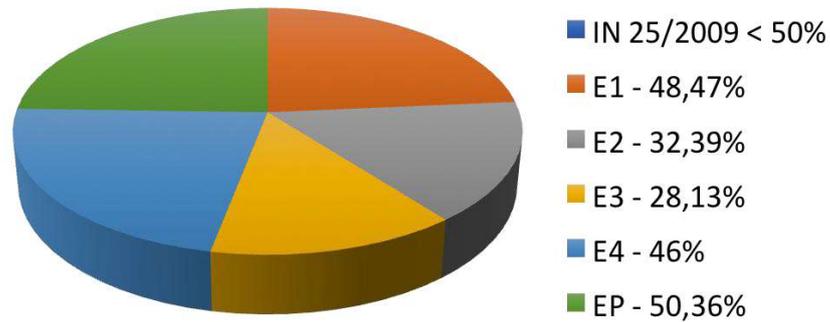
Durante o período experimental, a temperatura ambiente em Boa Vista/RR, variou de 21,6 a 33,4^o C. A medição de temperatura da massa de compostagem foi realizada pelo teste da mão, onde foram introduzidas barras de ferro até o fundo da pilha e a cada 2 (dois) dias se tocava com a palma da mão na barra, a fim de identificar o quão quente se apresentava o material. Não se notou grandes variações de temperatura, sempre estando próximo a temperatura ambiente, essa situação pode ser explicada pelo pequeno volume do material, que facilita a perda de calor para a atmosfera. Além disso, o revolvimento frequente da massa de compostagem para controle da umidade contribui para a manutenção de temperatura constante. Os resultados são parecidos aos encontrados por Souza (2018), que realizou compostagem em pequenas pilhas utilizando esterco bovino e resíduos de papel sulfite branco, não identificando variações de temperatura conforme dados da literatura e atribuiu esse fenômeno ao pequeno volume das pilhas e a origem celulósica do material, que torna a degradação lenta pelo baixo metabolismo dos microrganismos envolvidos.

6.2 UMIDADE

Em relação a umidade, a análise feita pela empresa Pirasolos, no dia 22/06/2020, apresentou teores superiores aos considerados ideais pela literatura em

todas as amostras experimentais. Os laudos dos compostos E1 e E2 apresentaram 70% de umidade, composto E3 com 69%, composto E4 com 65% e o composto EP com 68%. A IN 25/2009, indica que 50% é o percentual máximo de umidade para que o composto seja considerado ideal. É importante buscar o equilíbrio água/ar, mantendo o material em processamento com um teor de umidade em torno de 55%. Umidades superiores a 60% levam a anaerobiose e inferiores a 40% reduzem significativamente a atividade microbiana (BIDONE, 1999). Sendo a compostagem um processo biológico de decomposição de matéria orgânica, a água é imprescindível para as necessidades fisiológicas dos microrganismos, ao proceder revolvimentos deve-se misturar camadas externas mais secas, com camadas externas mais umidas. (KHIEL, 1985).

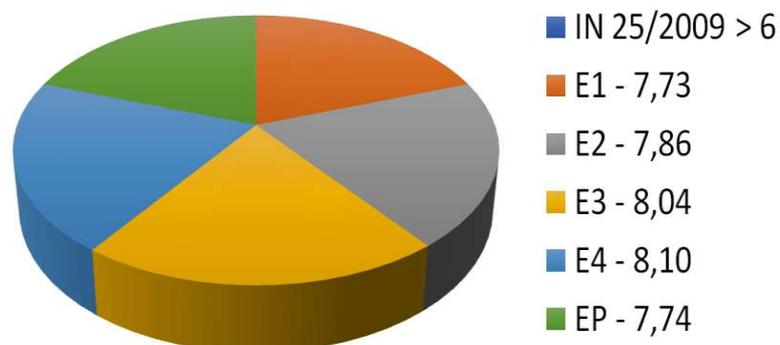
Assim, entendeu-se que seria necessário mais um tempo de maturação das análises experimentais e, no início de agosto/2020, foram enviadas novas amostras para o Laboratório de Solos da Embrapa Roraima, a fim de confirmar os dados gerados em relação a umidade. No dia 17/08/2020, o resultado obtido foi totalmente diferente, onde a amostra E1 apresentou 48,47% de umidade, a amostra E2 32,39%, amostra E3 28,13%, amostra E4 46,09% e a amostra EP 50,36%. Essa diferença pode ser explicada pelo tempo de análise, pois ao decorrer dos dias a umidade foi se perdendo por evaporação. Outro aspecto relevante foi que, durante o processo, verificou-se que por causa das características das matérias-primas, bem como das lixeiras utilizadas como composteiras, teores de umidade maiores no fundo do que na superfície. Nestes casos, realizou-se revolvimento periódico para homogeneização e aeração da massa de compostagem, contribuindo assim, para a redução de temperatura supracitada. A figura 8. mostra um comparativo da IN 25/2009 com os teores finais de umidade obtidos nos produtos analisados

Figura 8 - Umidade: Resultados

Fonte: Autor

6.3 INDICE DE pH

Quanto ao pH, todas as amostras experimentais apresentaram resultados considerados positivos, conforme tabela 6. Os dados do pH foram obtidos com o laboratório de solos da Embrapa Roraima. Segundo Pereira Neto (2004), para a maioria das bactérias, a faixa ótima de pH está entre 6 e 7,5 e para os fungos entre 5,5 e 8,0. Ao final do processo de compostagem, o pH tende a ficar na faixa alcalina de 7,5 a 9,0. Segundo Graves et al. (2000), a faixa ideal para a atividade microbiana é de 6,5 a 8,0. Uma característica importante do resultado foi a crescente do pH em cada análise experimental e isso pode ser explicado pela quantidade de papel sulfite adicionado ao experimento que também foi de forma crescente.

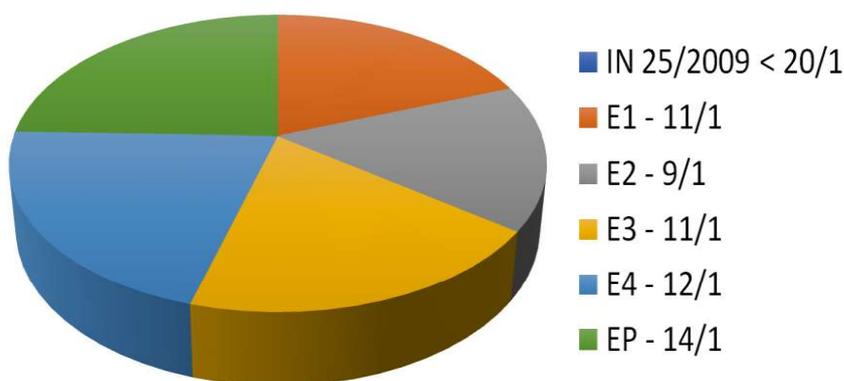
Figura 9 - pH: Resultados

Fonte: Autor

6.4 RELAÇÃO CARBONO/NITROGÊNIO

Os resultados obtidos na relação C/N (Figura 10), mostram pequenas diferenças entre as amostras experimentais. Segundo Moreira e Siqueira (2006), quando a relação de C/N da massa de compostagem atinge valores abaixo de 18/1, indica que houve a bio-estabilização. Quando um resíduo ou fertilizante orgânico apresenta relação C/N entre 8/1 e 18/1 ele é considerado adequado para uso desde que tenha passado pelo processo de compostagem (KHIEL, 2010). Os resultados obtidos mostram que todas as amostras experimentais tiveram dados considerados adequados pela literatura. Na decomposição do papel espera-se uma elevada relação C/N pelo excesso de carbono no material e pela presença de lignina que dificulta o acesso dos microrganismos a celulose e a hemicelulose (KERBAUYI, 2008). Esse fato não ficou comprovado neste estudo, visto que a única amostra experimental que não continha papel sulfite foi a que apresentou a relação C/N mais elevada.

Figura 10 - Relação C/N: Resultados

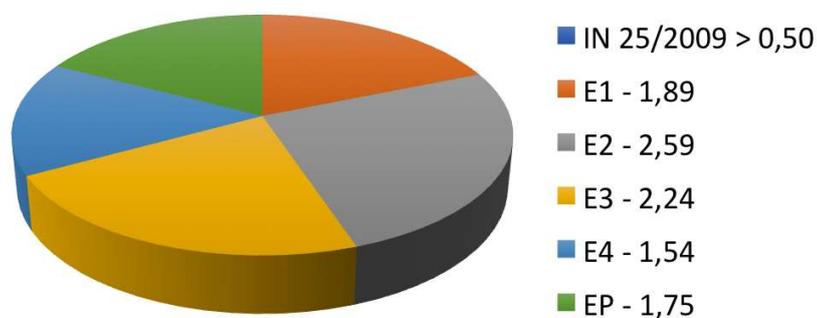


Fonte: Autor

6.5 TEOR DE NITROGÊNIO TOTAL

A literatura vigente informa que os fertilizantes naturais devem possuir teor de nitrogênio superior a 1 (um) para serem considerados ideais. A IN 25/2009 do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) relata que os fertilizantes orgânicos precisam de teores de nitrogênio acima de 0,50. Os resultados apresentados pelos experimentos (Figura 11), mostram que todas as análises ficaram dentro dos parâmetros supracitados como ideais, sendo que os E2 e E3 ficaram com índices superiores aos demais.

Figura 11 - Teor de Nitrogênio Total



Fonte: Autor

6.6 REDUÇÃO DE MASSA

Os resultados relacionados à quantificação de massa total dos resíduos utilizados para montagem dos experimentos em relação ao composto final, gerado nos 5 (cinco) experimentos (E1, E2, E3, E4 e EP) estão expostos na tabela 5. Vale ressaltar que a medida que vai acontecendo a decomposição dos resíduos utilizados no processo, ocorre naturalmente a redução de volume e peso da massa. De acordo com Inácio & Miller (2009), as perdas de gás carbônico e vapor d'água são responsáveis por reduções de 40-80% do peso total do composto.

Tabela 5 - Massa total dos resíduos utilizados para montagem dos experimentos em relação ao composto final, gerado em cada um dos cinco experimentos (E1, E2, E3, E4 e EP)

Amostras	Data	E1	E2	E3	E4	EP
Peso Inicial (kg)	06/12/2019	19,0	19,6	18,4	18,9	18,3
Peso Final (kg)	05/05/2020	9,6	8,4	6,8	7,6	12,6
Redução do peso total do composto (%)	-	50,5	42,8	36,9	40,2	68,8

Fonte: Autor

No geral, com exceção de E3 (36,9%), as reduções de massa seguiram uma tendência esperada (40-80%), pois os processos de revolvimentos e de umidificação promoveram maior rapidez na degradação aeróbia dos resíduos, transformando a matéria orgânica presente para a forma mineralizada, assim resultando na diminuição do peso e do volume.

A tabela 6 mostra um panorama geral dos resultados obtidos nas amostras experimentais em comparação ao que dizem as teorias e algumas pessoas jurídicas, em relação às características ideais dos compostos orgânicos. Fica nítido que todas as amostras obtiveram parâmetros positivos e de acordo com exigido pelo mercado. Outra observação importante é que não houve uma variação constante de resultados em relação à quantidade de papel sulfite adicionado, apesar de ter utilizado uma escala crescente de inserção do material na montagem das análises experimentais.

Tabela 6 - Resultados obtidos em análise nos produtos dos experimentos (E1, E2, E3 e E4) comparados a valores do Experimento Padrão (EP) e aos preconizados como desejáveis em Referencial Teórico (RT), Instrução Normativa (IN) e pessoas jurídicas (Esalq/USP e Resol)

Parâmetros analisados	Valores								
	E1	E2	E3	E4	EP	RT	IN 25/2009	ESALQ/USP	Resol
U60	48,47	32,39	28,13	46,0	50,36	15-35%	<50%	Máximo 40%	Máximo 50%
pH	7,73	7,86	8,04	8,10	7,74	6-7,5	>6	Mínimo 6	Mínimo 6
C/N	11/1	9/1	11/1	12/1	14/1	8 a 18/1	<20/1	Máximo 18/1	Máximo 18/1
N	1,89	2,59	2,24	1,54	1,75	ND-	>0,5%	Mínimo 1%	Mínimo 1%
P₂O₅	0,29	0,27	0,19	0,18	0,18	0,5-1,5%	ND*	ND	ND
K₂O	1,0	0,72	0,68	0,55	0,72	0,5-1,5%	ND	ND	ND
MO	50	57	57	45	60	ND	ND	Mínimo 40%	Mínimo 40%
Ca	4,1	4,5	4,0	4,9	3,2	1,5-3%	ND	ND	ND
Mg	0,34	0,37	0,37	0,32	0,32	0,6-1,2%	ND	ND	ND
S	0,25	0,17	0,15	0,15	0,15	0,2-0,5%	ND	ND	ND

ND*=Não determinado

Fonte: Autor

As análises obtidas nos produtos dos experimentos (Tabela 6) apresentaram resultados relevantes e, mesmo com o aumento da quantidade de papel sulfite utilizado, não observou-se mudanças consideráveis nos dados apresentados.

À vista disso, de acordo com os parâmetros estabelecidos pela IN N 25/2009 (MAPA), para adubação, os compostos finais se encontraram dentro do limite de pH, C, N, Umidade e relação C/N.

Em relação aos macronutrientes P₂O₅ (Fósforo), K₂O (Potássio), MO (Matéria Orgânica), Ca (Cálcio), Mg (Magnésio) e S (Enxofre), a maioria encontra-se de acordo com o preconizado em Referencial Teórico (RT), com exceção do P₂O₅ e

Mg, porém as diferenças foram mínimas e não comprometeram a qualidade do fertilizante.

6.7 CARACTERÍSTICAS FINAIS DO COMPOSTO

Ao final do processo de compostagem um dos fatores a ser observado é o aspecto visual. Segundo Khriel (2008), o aspecto visual do composto final é um dos fatores utilizados na identificação do grau de decomposição, a fim de saber se o composto estava estabilizado ou maturado, pois um composto final pode estar mal decomposto e ser considerado estável sem estar maturado.

De maneira geral, todas as análises experimentais apresentaram características semelhantes no final dos 150 dias do processo. Não apresentaram odores e nem resquício de papel sulfite, todas as massas de compostagem tiveram presença de galhos e folhas, uma vez que a poda de árvores é um material rico em lignina, sendo de difícil composição. Finalizaram com cor escura, típico de composto orgânico. A Figura 12 abaixo, identifica, respectivamente, o produto final das amostras E1, E2, E3, E4 e EP.

Figura 12 - Produto Final das amostras E1, E2, E3, E4 e EP



6.8 ANÁLISE DO CUSTO RISCO EFETIVIDADE

A tabela 7– Custo-Risco-Efetividade mostra o resultado da comparação econômica, de toxicidade e efetividade do produto resultante da tecnologia desenvolvida em relação a adubo químico de mesma aplicabilidade. Nessa tabela utilizou-se o produto E4 como referência, pois foi o que apresentou os melhores resultados com uso de maior quantidade de papel sulfite, sendo indicado os valores obtidos na cartilha informativa para aplicação da tecnologia a partir da compostagem aeróbia.

Tabela 7: Custo Risco Efetividade - comparação econômica, de toxicidade e efetividade do produto em relação a adubo químico de mesma aplicabilidade

Itens Analisados	Produto E4	AQC NPK 4-14-8
Custo/ Desenvolvimento do Produto	R\$10,00	R\$ 17,63
Preço Final Comercialização SC 50Kg	R\$35,00	R\$ 133,00
Dosagem	-----	150Kg/Ha
Grau de toxicidade (risco)	Baixo	Médio/Alto
Efetividade	Média/Alta	Média/Alta

E: Experimento / AQC: Adubo Químico Convencional

Fonte: Própria – Utilizando: Santos (2015).

Na tabela 7, pode-se observar que o custo para desenvolvimento do produto originado no estudo foi elaborado em cima da segunda produção, para exposição do valor que realmente existirá em cima dos produtos. A primeira produção, além dos R\$ 10,00 (energia/água/hora-homem) teria um valor adicional das lixeiras que foram usadas como composteiras no valor de R\$ 83,90, mais R\$ 6,09 das torneiras inseridas para eliminação da água em excesso. O preço final para comercialização foi composto da seguinte forma: R\$ 10,00 (água/energia/hora-homem coleta dos materiais), R\$ 3,00 (saco de ráfia), R\$ 7,00 (hora-homem para ensacamento), R\$

15,00 (lucro e tributos).

Em relação a dosagem, não existe um estudo que mostre a quantidade necessária do adubo químico com resto de papel sulfite necessário, visto que na grande maioria das vezes, ele é inserido de forma manual, sem medição. O grau de toxicidade, como já visto nos resultados químicos-físicos é praticamente inexistente e a efetividade é percebida e mencionada no trabalho referência. Mediante os dados expostos, notou-se que o desenvolvimento e utilização de tecnologia social para aproveitamento do papel sulfite traz ganho econômico, efetividade parecida e contaminação bem menor do Meio Ambiente quando comparado ao adubo químico.

Os resultados obtidos em todas as análises realizadas nos produtos originados de E1, E2, E3 e E4 são considerados satisfatórios por apresentarem-se de acordo com o produto de EP (testemunha) e legislação vigente. Assim, dos procedimentos realizados experimentalmente, selecionou-se o experimento E4, o qual possuía a maior quantidade de massa de papel sulfite para indicá-lo como modelo de Tecnologia Sustentável eficiente na reciclagem do papel sulfite impresso via processo de compostagem aeróbia.

No experimento E4 obteve-se resultados inéditos, como a quantidade de massa máxima de papel sulfite necessária para obtenção de produto orgânico rico em minerais no tempo médio estipulado na literatura para esse processo. Trata-se de um fertilizante natural (adubo)–de boa qualidade, obtido com uso de materiais e equipamentos de fácil acesso e baixo custo quando verificado o risco e efetividade da tecnologia em comparação com produtos químicos de mesmo objetivo, conforme exposto na Tabela 7.

Por conseguinte, será informado e descrito os procedimentos passo a passo aplicado ao E4 em cartilha informativa (Apêndice A), elaborada para o público alvo, instituições públicas e privadas, a partir do presente trabalho experimental, o qual possibilitou observações importantes e a obtenção de informações relacionadas às práticas e procedimentos adotados, bem como das informações teóricas vigentes.

Pôde-se observar no decorrer do processo experimental de compostagem:

- (i) Fases de temperatura pouco visíveis durante o processo;
- (ii) O aumento de volume de papel sulfite em cada análise experimental não ocasionou diferenças constantes nem significativas nos resultados;
- (iii) Dificuldade de revolvimento do material nas primeiras semanas, devido a pouca

área de manuseio do recipiente;

(iv) Umidade em excesso devido a dois fatores específicos. O primeiro é o tipo de material compostado, pois o papel sulfite tende a reter mais líquido o segundo é pelo recipiente usado como composteira, o qual tinha pouco volume/altura. Neste caso, será recomendado a utilização de recipientes/composteiras com maiores volumes, altura e largura na cartilha orientativa e informativa a ser disponibilizada ao público alvo, instituições públicas privadas, apresentada como produto final deste trabalho no Apêndice A como documento técnico-pedagógico, adequado aos preceitos de tecnologia social preconizado pelo Sebrae.

As tecnologias sociais são importantes ferramentas desenvolvidas a partir do conhecimento popular e de problemas locais, construídas junto da população, baseadas na criatividade e na disponibilidade de recursos da localidade. Dessa forma, as mesmas são baratas, de fácil replicação e podem ser adaptadas a novas realidades de acordo com as necessidades ou recursos disponíveis (SEBRAE, 2017).

Portanto, será disponibilizado nesta publicação com QR Code para download (Apêndice B), uma Tecnologia Social, sustentável e renovável para reciclagem do papel sulfite impresso via processo de compostagem aeróbia, a qual gera um produto fertilizante natural (adubo) de boa qualidade, com uso de materiais e equipamentos de fácil acesso e baixo custo, quando verificados o risco e efetividade da tecnologia em comparação com produtos químicos de mesmo objetivo, com resultados muito satisfatórios.

Neste sentido, tecnologias alternativas, que diferenciadas pela ênfase ao baixo custo e a utilização racional de recursos localmente abundantes, define-se pela acessibilidade social e eficiência ecológica (DA COSTA et al., 2012), geralmente, auxiliam no enquadramento de normas quando proporcionam resultados importantes. Bem como possibilitam o aproveitamento prático do conhecimento científico. Neste contexto, os compostos finais obtidos nos experimentos E1, E2, E3 e E4 apresentaram características necessárias para serem aplicados no solo, sendo o período de 150 dias suficiente para a estabilização da matéria orgânica, o que demonstra que a compostagem é uma técnica eficaz de tratamento de resíduos sólidos.

7 CONCLUSÃO

A tecnologia desenvolvida para reciclagem do papel sulfite via processo de compostagem aeróbia selecionada para o presente trabalho é sustentável e sem impactos negativos ao Meio Ambiente. Possibilita a transformação do papel sulfite impresso com sucesso, gerando ainda um produto - fertilizante natural (adubo) - de boa qualidade e com custo acessível ao público em geral.

É inovadora e renovável para destinação sustentável desse tipo de resíduo, sendo oportuna sua divulgação, pois oferece ao mesmo tempo um ativo pré-tecnológico (Metodologia técnico-científica) e ativo tecnológico (produto), ou seja, um conjunto de instrumentos e métodos para serem utilizados e aplicados pelo principal público alvo do presente estudo.

O tecnologia disponibilizada em forma de cartilha, pode servir como instrumento para política pública do país, pois justifica-se pela perspectiva social, ajuda a uma rede de pessoas e serviços. Pode compor também a atualização da defasada legislação em relação aos arquivos públicos e privados, datada de 1991, incluindo e mencionando, além da temporalidade dos documentos, a forma correta e alternativa para o descarte destes materiais..

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, T.C. et al. **Compostagem de Resíduos Orgânicos Gerados na Embrapa-Roraima**. Congresso Brasileiro de Resíduos Orgânicos. [S.l.] 2009.
- ALENCAR, G.S.B. **Estudo da qualidade da madeira para produção de celulose relacionada a precocidade na seleção de um híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptusurophylla***. 2002. 73 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- ALVAREZ, I., MARIN, R., FONFRÍA., A. The role of networking in the competitiveness of firms. **Technological Forecasting & Social Change** 76, 401-421. 2009.
- ANDRADE, A. S. de et al. **Química da madeira**. 3 ed. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2005.
- ANDREOLI, .C.V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, 2001. 481 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v.6).
- AQUINO, A.M.; ALMEIDA, D.L.; SILVA, V.F. **Utilização de minhocas na estabilização de resíduos orgânicos: vermicompostagem**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa Biológica do Solo. 13 p. 1992.
- ARAUJO, I.S. **Avaliação de lagoas facultativas aerada e de maturação, em escala real, como etapas secundárias e terciárias de sistema de tratamento de dejetos suínos**. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2016/2017**.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 10004. Resíduos sólidos, classificação de resíduos**. Rio de Janeiro, 2004. 63p.
- ATIYEH, R.M.; EDWARDS, C.A.; SUBLER, S.; METZGER, J.D. **Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth**. *Bioresource Technology*, v. 78, p. 11-20. 2001.
- BARREIRA, L.P. **Avaliação das usinas de compostagem do estado de São Paulo em função da qualidade dos compostos e processos de produção**. 2005. Tese. (Doutorado em Saúde Pública). Programa de Pós Graduação em Saúde Pública, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

BARROS FM, CHEINQUER H, TSUCHIYA CT, SANTOS EA. **Cost-effectiveness analysis of treatment with peginterferon-alfa-2a versus peginterferon-alfa-2b for patients with chronic hepatitis C under the public payer perspective in Brazil.** CostEffResourAlloc, 2013.

BASILE QUÍMICA. FISPQ: **ficha de informações de segurança de produto químico: negro de fumo.** São Paulo: Basile Química, 2017. (Ficha de segurança técnica – documento). Disponível em: <<https://bit.ly/2GM5wiY>>. Acesso em: 30 set. 2019.

BETINI, M. A.; GALATTI, P. E. **Curso de pasta mecânica.** Monte Alegre: Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel, 1995.

BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos.** São Carlos: EDUSP, 1999. 109 p.

BRASIL. Instrução Normativa - **IN 25 de 4 de setembro de 2019** - MAPA

BRASIL. Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010. PNRS - **Política Nacional de Resíduos Sólidos.**

BRASIL. Lei 2.004 de 17 de julho de 2019 – **Estabelece diretrizes municipais para a implementação do Plano Municipal de Resíduos Sólidos de Boa Vista** por meio da Elaboração e Implantação do Sistema de Gestão Sustentável de Resíduos Sólidos Urbanos – Municipal – Boa Vista/RR.

BRASIL. Lei 8.150 de 8 de janeiro de 1991 - Dispõe sobre a política nacional de **arquivos públicos** e privados e dá outras providências.

CARDOSO, P. **Entenda por que apenas um quarto do cartucho de tinta possui corante.** Techtudo [Portal G1], 2014. Disponível em: <<https://glo.bo/NskTB>>. Acesso em: 07out. 2019.

COSTA, S. I. R. B. , SILVA, M.M. **A racionalidade ambiental na construção de tecnologias alternativas para a agricultura familiar: O caso do serviço da tecnologia alternativa – SERTA.** Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/made/article/view/25325/18581>>. Acesso 25 set 2020.

DADONAS, M. A. **A horta em seu quintal.** São Paulo: Ground Ltda. SP - 1989. 175p.

DE BERTOLDI M, VALLINI G, PERA A. **The biology of composting:** A review. Waste Management & Resource, 1983; p.153-176.

DEMUNER, W. P. **Predição do impacto da madeira em fábrica Kraft de eucalipto.** 2011. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro. 2011.

Disponível em: <<http://hdl.handle.net/20.500.11959/brapci/66904>>. Acesso em: 07 dez. 2019.

Disponível em: <<http://www.resol.com.br/cartilha8/capitulo12b2.php>>. Acesso em: 25 set. 2019.

Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/162879/1/com-tecnico-82-RR-producao-composto-organico-2017-LR.pdf>>. Acesso em: 12 mar. 2020.

EDWARDS, C.A. & FLETCHER, K.E. **Interactions between earthworms and microorganisms in organic matter break-down**. Agriculture, Ecosystems and Environment, v. 24, p. 235-24. 1988.

EPSTEIN, E. Industrial Composting: **Environmental Engineering and Facilities Management**. Taylor and Francis, 2011.

ERIKSON, O.; GORING, D. A. I.; LINDGREN, B. O. **Structure studies on the chemical bonds between lignin and carbohydrate in spruce wood**. Sci. Technol. v.14, p 267-269, 1980.

FELÍCIA, DG. **Estudo do comportamento do resíduo papel no processo de compostagem**. Aveiro, PT: Universidade de Aveiro. 2009. 132f. Dissertação. Disponível em: <<https://ria.ua.pt/bitstream/10773/664/1/2010000400.pdf>>. Acesso em: 22 ago. 2019.

FERNANDES, F.& SILVA, S.M.C.P. **Manual prático para a compostagem de biossólidos**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 84 p. 1999.

FERREIRA-FILHO, E. X. **The Xylan-degrading enzyme system**. Brazilian Journal Medicine Biology Research, v. 27, p. 1093-1109, 1994.

FOELKEL, C. **Casca da árvore do eucalipto: aspectos morfológicos, fisiológicos, florestais, ecológicos e industriais, visando à produção de celulose e papel**. Atividade Rural [Site], [2005?]. Disponível em: <<https://bit.ly/2IlgUCt>>. Acesso em: 11 abr. 2019.

FRITOLI, C. L.; KRÜGER, E.; CARVALHO, S. K. P. História do papel: panorama evolutivo das técnicas de produção e implicações para sua preservação. **Revista Ibero-Americana de Ciência da Informação**, v. 9, n. 2, p. 475-502, 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/2LuggGC>>. Acesso em: 26 set. 2019.

GRANGEIRO, L. C.; COSTA, K. R.; MEDEIROS, M. A.; SALVIANO, A. M.; NEGREIROS, M. Z.; BEZERRA NETO, F.; OLIVEIRA, S. L. **Acúmulo de nutrientes por três cultivares de alface cultivada em condições do semi-árido**. **Horticultura Brasileira**, v.24, p.190-194, 2013.

GRAVES, R.E.; HATTEMER, G.M.; STETTLER, D.; KRIDER, J.N.; CHAPMAN, D. *Composting*. In: **United statesdepartament of agriculture, natural resources conservation service. Part 637 Environmental Engineering - National Engineering Handbook**. Washington, 2000. 88p. Disponível em: <http://www.info.usda.gov/CED/>.

GRPPI, SIDNEY. Lixo, **Reciclagem e sua História**, 2006.

HEIZIR, F. de C. **Processos Químicos Industriais II – Apostila 4** – Universidade de São Paulo – Escola de Engenharia de Lorena (EEL). 2009.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. PNSB - **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**, 2008.[online] Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/ecnomia/comercioeservico/pas/pas2006>>. Acesso em: 17 Jun. 2019.

INÁCIO, C. T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem**: Ciência e prática para gestão de resíduos orgânicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 156p.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. **Celulose e papel**: Tecnologia de fabricação da pasta celulósica. 2. ed. São Paulo: Departamento de Divulgação do IPT, 1988. 1 v.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A. **Celulose e papel**: Tecnologia de fabricação do papel. 2. ed. São Paulo: Departamento de Divulgação do IPT, 1988. 2 v.

KERBAYUI, G. B. **Fisiologia vegetal**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. 431 p.

KHIEL, E. J. **Novo fertilizantes orgânicos**. Rev. e atual. Piracicaba: Degaspari, 2010. 247 p.

KIEHL, E.J. **Manual de Compostagem**: Maturação e Qualidade do Composto.4.ed. Piracicaba, SP. 173 p., 2004.

KIEHL, Edmar José. **Manual de Compostagem**: Maturação e Qualidade do Composto. 3. ed. 2002.

LIMA, LUIZ MARIO QUEIROZ. **Lixo, Tratamento e Biorremediação**, 2004.

MANFREDI, M. **Desenvolvimento de propriedades de papéis reciclados por tratamento ultrassônico e adição de xilanas**. 2010. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia de Celulose e Papel) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2010.

MARANESI, G. L. **Influência de variáveis do processo de produção industrial na qualidade da polpa Kraft de eucalipto**. 2010. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia de Celulose e Papel) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2010

MARODIN, V. S, MORAIS, G. A. **Educação Ambiental com os temas geradores lixo e água e a confecção de papel reciclável artesanal**. Anais do 2º Congresso Brasileiro de Extensão Universitária. Belo Horizonte. UEMS. Disponível em: <<http://www.ufmg.br/congrent/educa>>.

MASSUKABO, L. M. **Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares**. 2008. Dissertação (Doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental) – Universidade de São Carlos. 2008.

MATTOS, L. M. et al. **Produção segura e rastreabilidade de hortaliças.** *Horticultura brasileira*, v. 27, p.408-413, 2015.

MESQUITA FILHO, J. F.de; BARRETO, R. C. S. **Análise da sustentabilidade econômica, social e ambiental do cultivo orgânico de hortaliças: estudo de caso.** In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, Londrina-PR. XLV. 2015.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo.** 2. ed. atual. e ampl. Lavras: Ed. UFLA, 2006. 729 p. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/265011527/Moreira-Siqueira-2006>>. Acesso em: 30 ago. 2019.

MOTTA, Edson; SALGADO, Maria Luiza. O papel: problemas de conservação e restauração. Petrópolis: Museu de Armas Ferreira Cunha, 1971.

NADDAFI, K.; ZAMANZADEH, M.; AZIMI, A.A.; OMRANI, G. A.; MESDAGHINIA, A.R.; MOBEDI, E. Effect of temperature, dry solids and C/N ratio on vermicomposting of wates activated sludge. *PakistanJournalofBiological Science*, v. 7, n. 7, p. 1217-1220, 2004.

OLIVEIRA, E. C. A.; SARTORI, R. H.; GARCEZ, T. B. **Compostagem. Piracicaba:** Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2008. (Estudo do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas). Disponível em: <<https://bit.ly/2GOI84v>>. Acesso em: 08 ago. 2019.

OLIVEIRA, L. C.; STANGARLIN, J. R.; LANA, M. do C., SIMON, D.; Zimmermann, A. Biomassa microbiana em cultivo de alface sob diferentes adubações orgânicas e manejo da adubação verde. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.4, p.182-185, 2009.

OSÓRIO, E. G. **Indústria de papel e celulose:** estudo de caso da implantação da VCP florestal no extremo sul do Rio Grande do Sul. 2007. 57 f. Monografia. – Centro Socio-econômico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007. Disponível em: <<https://bit.ly/2KNJpvd>>. Acesso em: 05set. 2019.

PEREIRA NETO O.A. 2004. **Práticas em ovinocultura:** Ferramentas para o sucesso. Porto Alegre: SENAR-RS, 2004. 136

PEREIRA NETO, J.T. 2007. **Manual de compostagem:** processo de baixo custo. UFV. Viçosa. 81 p.

PESSIN, N. et al. **Composição gravimétrica de resíduo sólidos urbanos:** estudo de caso - município de Canela - RS. In: Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 30, 2006, Punta del Este. Anais... Punta del Este, 2006.

PRÁ, M. A. D.; CORRÊA, E. K.; CORRÊA, L. B.; LOBO, M. S.; SPEROTTO, L.; MORES, E. **Compostagem como alternativa para gestão ambiental na produção de suínos.** Porto Alegre: Editora Evangraf Ltda., 2009.

REIS, M.F.P. **Avaliação do processo de compostagem de resíduos sólidos urbanos**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS. 2005.

RESOURCE MANAGEMENT – ACR. **Gestão dos resíduos domésticos biodegradáveis**: Que perspectivas para as autoridades locais europeias, 2005. 126 p

ROCHA, Júlio Cesar de Sá da. **Direito ambiental do trabalho**: mudanças de paradigma na tutela jurídica à saúde do trabalhador. São Paulo: Atlas, 2013. 300p.

RODRIGUES, C. **Tudo sobre partículas de toner**. On Port [Blog], 2009. Disponível em: <<https://bit.ly/2lJ94h>>.

SANTOS, S. R. dos. **Influência da qualidade da madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophyllae* do processo Kraft de polpação na qualidade da polpa branqueada**. 2005. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2005.

SANTOS. J.P.S. **Estudos sobre Custo-Risco-Efetividade no Brasil**: Uma revisão sistemática. Vol. 20. Rio de Janeiro, 2015.

SARKAR P, BOSNEAGA E, AUER M. **Plant cell walls throughout evolution: towards a molecular understanding of their design principles**. J Exp Bot.v, 60(13), p.3615-35, 2009

SBCS. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Porto Alegre: Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2012.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Tecnologias Sociais**: como os negócios podem transformar Comunidades. Cuiabá: MT, Sebrae, 2017.

SENESI N. **Composted materials as organic fertilizers**. The Science of the Total Environment.p.521-542, 1989.

SHARMA, V.K., M. CANDITELLI, F. Fortuna and C. CORNACCHIA. **Processing of urban and agroindustrial residues by anaerobic com- posting**: review. *Energ. Convers. Manage.*,38: 453-478. 1997.

SHEPARD, S. C.; ADDINSON, J. A. **Soil sampling and storage**. In: CARTER, M. R.; GREGORICH, E. G. (Ed.). **Soil sampling and methods of analysis**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2008. 198 p.

SILVA, F. A. M.; Vilas-Boas, R. L.; Silva, R. B. da. **Resposta da alface à adubação nitrogenada com diferentes compostos orgânicos em dois ciclos sucessivos**. Acta Scientiarum Agronomy, v.32, p.131-137, 2010.

SILVEIRA, R. F. de M. **Atividades biológicas de xilana de sabugo de milho**. 2010. Dissertação (Mestrado em Bioquímica) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal. 2010.

SOUZA, P. A.; NEGREIROS, M. Z.; MENEZES, J. B.; BEZERRA NETO, F.; SOUZA, G. L. F. M.; Carneiro, C. R.; Queiroga, R. C. F. **Características químicas de alface cultivada sob efeito residual da adubação com composto orgânico**. Horticultura Brasileira, v.23, p.754-757, 2016.

SOUZA, R. P. **Uso de resíduos de papel em compostagem agrícola**. 2008. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Minas Gerais. 2008.

VELSON, J. **Do que é feita a tinta de uma caneta esferográfica?** Gizmodo Brasil [Portal UOL], 2013. Disponível em: <<https://bit.ly/2x7b4oV>>. Acesso em: 29ago.

VERASZTO, E. V.; SILVA, D.; MIRANDA, N. A.; SIMON, F. O. Tecnologia: buscando uma definição para o conceito. **Prisma.com (Portugual)**, n. 8, p. 19-46, 2009.

WILDA, L.R.M. **Amostragem de densidade e aplicação à taxa variável de corretivos e fertilizantes**: dinâmica da fertilidade do solo em lavoura de grãos do Cerrado. São Paulo, 2014.

APÊNDICE

Apêndice A - Cartilha Informativa



Cartilha "Reciclagem Alternativa de Papel Sulfite - RAPS"

Exemplares digitais desta cartilha podem ser solicitados de forma gratuita com

Carlos Oreques Fonseca
E-mail: carlosoreques@hotmail.com

Fone: (95) 99173.6363

Boa Vista, Roraima

ou

Acesse também

**Autores**

Carlos Oreques Fonseca
Rita de Cassia Pompeu de Sousa

Supervisão Editorial

Carlos Oreques Fonseca

Fotos

Carlos Oreques Fonseca

Diagramação, Projeto Gráfico e Capa

Gabriela Beatriz de Lima Siqueira

Imagem Fundo de Capa

Racool_studio / Freepik

1ª edição - 2020

Formato digital

APRESENTAÇÃO

O papel é um resíduo bastante encontrado nos lixos do Brasil, sendo necessário o desenvolvimento de soluções tecnológicas apropriadas para a indicação das melhores formas de descarte final, sem impactos a saúde humana e meio ambiente, de preferência, adequada aos preceitos de tecnologia social preconizado pelo Sebrae.

“As tecnologias sociais são importantes ferramentas desenvolvidas a partir do conhecimento popular e de problemas locais, construídas junto da população, baseadas na criatividade e na disponibilidade de recursos da localidade. Dessa forma, as mesmas são baratas, de fácil reaplicação e podem ser adaptadas a novas realidades de acordo com as necessidades ou recursos disponíveis” (SEBRAE, 2017).”

Aliados a isso, a era digital em empresas públicas e privadas com substituição de processos administrativos com papel por sistemas eletrônicos de informação, deixaram na grande maioria das empresas uma quantidade elevada de documentos confidenciais em papel sulfite impresso, sem validade, nos “arquivos

mortos”, os quais não podem ser descartados/ destinados de qualquer forma.

Portanto, disponibilizamos nesta publicação uma Tecnologia Social, sustentável e alternativa para reciclagem do papel sulfite impresso via processo de compostagem aeróbia, a qual gera um produto – fertilizante natural (adubo) – de boa qualidade, com uso de materiais e equipamentos de fácil acesso e baixo custo. Quando verificados o risco e efetividade da tecnologia, em comparação com produtos químicos de mesmo objetivo, os resultados obtidos são muito satisfatórios.

A referida publicação contempla conhecimento técnico científico reunido de forma simples e em formato próprio, apresentados de forma sequencial, a partir da avaliação e seleção do melhor resultado obtido, no desenvolvimento da tecnologia.

Trata-se de um pequeno livro em formato de cartilha, destinado aos gestores de instituições publico privadas de Boa Vista/RR e a sociedade em geral, reconhecido também como manual didático, por ser um produto originado de um protocolo experimental desenvolvido para atendimento aos requisitos e exigências necessários a finalização do curso de Mestrado

Profissional em Propriedade Intelectual e
Transferência de Tecnologia para a Inovação –
PROFNIT.

Carlos Oreques Fonseca
Mestrando

Rita de Cássia Pompeu de Sousa
Orientadora

SUMÁRIO

Introdução.....	05
O que é Compostagem?.....	07
Vantagens.....	08
Passo a Passo para a Obtenção de Fertilizante Orgânico de Papel Sulfite.....	09
Processo de Compostagem.....	10
Materiais e Equipamentos Necessários	10
Montando a Composteira.....	11
Procedimentos da Compostagem.....	11
O que Influencia na Compostagem.....	12
Composição mineral do produto gerado em comparação aos Referenciais Teóricos do tema	15
Estimativa de custo, risco e efetividade.....	16
Referências.....	17

INTRODUÇÃO

O processo de gerenciamento dos resíduos sólidos no Brasil representa um problema antigo e vem apresentando poucas evoluções, mesmo com leis federais e municipais que determinam os procedimentos a serem adotados. Aliado a isso, empresas públicas e privadas estão na era digital, onde processos administrativos migraram do papel sulfite impresso, para meios eletrônicos, deixando muitos documentos confidenciais, sem validade, em seus “arquivos mortos”.

O papel sulfite impresso é um resíduo bastante encontrado nos lixos no Brasil e é o material que compõe a maioria dos “arquivos mortos” das empresas, sendo um dos materiais mais versáteis e mais utilizados no nosso dia a dia, porém, raramente pensamos sobre seu processo produtivo e os impactos ambientais associados à sua produção, consumo e destinação.

Neste sentido, uma forma alternativa de gerenciamento desse tipo de resíduos sólidos que contribui para a redução dos impactos ambientais gerados pelo papel é a compostagem.

Essa forma, além de proteger o ambiente por produzir menos lixo orgânico, gera um material de grande valor – o composto – que é um ótimo fertilizante natural/ orgânico.

Diante disso, o objetivo desse pequeno livro em formato de cartilha é o de disseminar, principalmente as instituições públicas e privadas, técnicas e procedimentos simples, utilizados no desenvolvimento de uma tecnologia alternativa sustentável para reciclagem do papel sulfite impresso, embasada no processo de compostagem aeróbia.

No decorrer de cada página será visto de forma ilustrada todo o processo, passo-a-passo, desde a seleção do materiais utilizados até a exibição do composto maturado.

O QUE É COMPOSTAGEM?

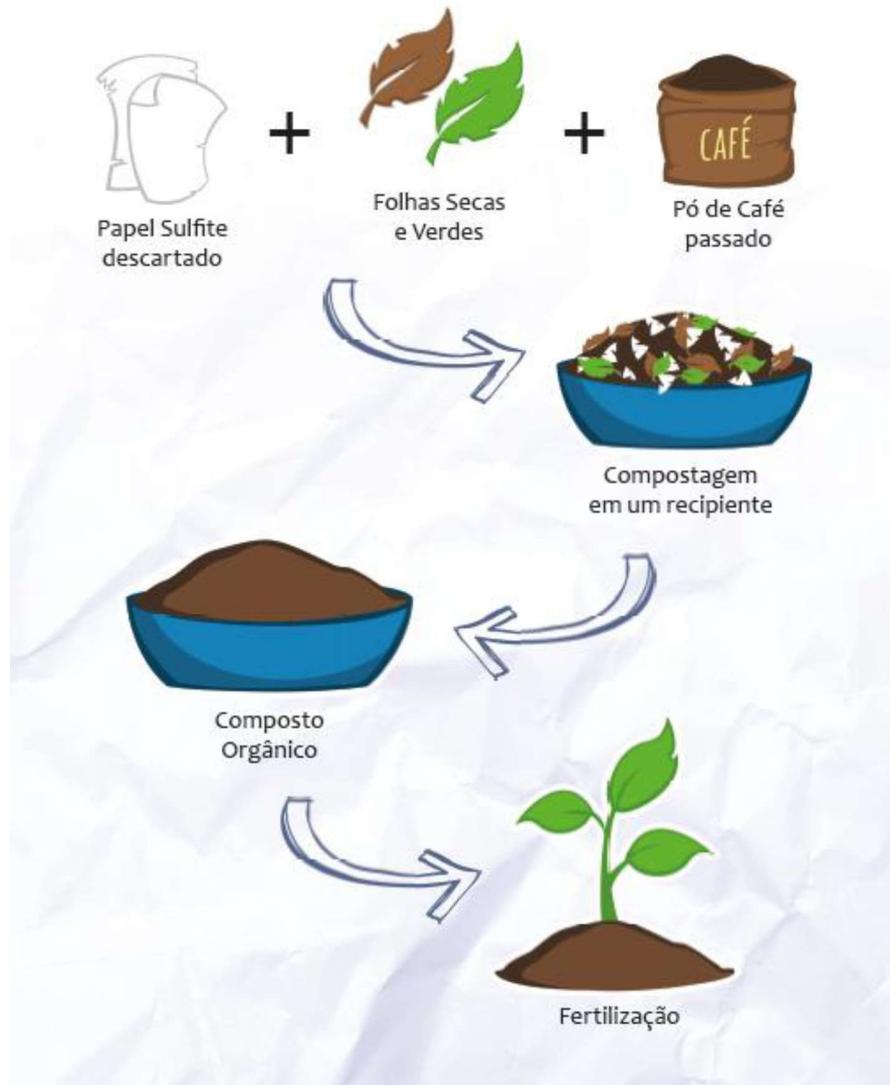
É um conjunto de técnicas aplicadas para estimular a decomposição de matéria orgânica com a finalidade de obter no menor tempo possível um fertilizante natural que pode ser utilizado como adubo em plantas e jardins.



VANTAGENS

- ✔ Aumento da saúde do solo
- ✔ Redução da erosão do solo
- ✔ Redução de doenças
- ✔ Manutenção da temperatura e estabilização do pH do solo
- ✔ Reaproveitamento de diversos materiais descartados inadequadamente
- ✔ Ativação da vida do solo
- ✔ Processo ambientalmente seguro
- ✔ Degradação de substâncias inibidoras do crescimento vegetal
- ✔ Ajuda no tratamento de efluentes

PASSO A PASSO PARA A OBTENÇÃO DE FERTILIZANTE ORGÂNICO DE PAPEL SULFITE



PROCESSO DE COMPOSTAGEM

MATERIAIS E EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS



Lixeiras industriais de 200 litros



Papel sulfite utilizado e descartado



Folhas verdes e secas de mangueiras oriundas de podas



Pó de café utilizado e descartado



Vergalhão de 7,0 mm e/ou um Termômetro

MONTANDO A COMPOSTEIRA

A lixeira será usada como composteira pois possibilita a montagem do experimento em locais com pouco espaço.

Deve-se inserir uma torneira de plástico no fundo da lixeira a uma altura aproximadamente de 3cm da base para que o excesso da água possa ser expelido.

A altura recomendada dessas lixeiras composteiras é de 1,20 a 1,50m para a correta manutenção da temperatura.



PROCEDIMENTOS DA COMPOSTAGEM

Os insumos devem ser distribuídos nas composteiras em camadas. Sendo 3 camadas de material rico em carbono (papel sulfite + folhas secas) e 1 camada de material rico em nitrogênio (pó de café seco + folhas verdes).



Camada de Carbono - Proporção

85% folhas secas + 15% papel Sulfite impresso



Camada de Nitrogênio - Proporção

80% folhas verdes + 20% de pó de café

Exemplo:

3kg de material rico em carbono, sendo: 2,55 Kg de folhas secas + 0,450 kg de papel sulfite impresso para 1kg de material rico em nitrogênio, sendo: 0,800 Kg de folhas verdes + 0,200 kg de pó de café.

O tempo de maturação do composto pra que ele fique pronto pra uso é de 150 dias.



O QUE INFLUENCIA NA COMPOSTAGEM

Umidade

Nas primeiras semanas o ideal é verificar diariamente a umidade, que deve ficar em torno de 60%.

A verificação da Umidade pode ser feita pelo teste de mão, você deve pegar com a mão um pouco de material do interior da composteira e comprimi-lo com bastante força. O ponto ideal da umidade é quando a água começa a verter entre os dedos, sem escorrer.



Areação

Se houver falta de oxigênio haverá atraso na decomposição do material, além da produção de gases de causam mau cheiro. A falta de oxigênio pode ocorrer por vários fatores.

- ✓ Excesso de umidade (para correção deve-se revolver a pilha);

- ✓ Excesso de umidade (para correção deve-se revolver a pilha);
- ✓ Compactação em função do próprio material (para impedir deve-se usar as medidas dos materiais indicadas);
- ✓ Tamanho da composteira (para impedir deve-se usar composteira com altura maior de 1,20 e menor de 1,5)
- ✓ Elevada demanda biológica de oxigênio.

Temperatura

Outro item que deverá ser verificado é a temperatura, que dependerá:

- ✓ Tamanho da pilha
- ✓ Umidade
- ✓ Quantidade de oxigênio
- ✓ Quantidade carbono
- ✓ Quantidade nitrogênio
- ✓ Temperatura ambiente



✓ Análise da Temperatura

A análise da temperatura das composteiras/leiras pode ser feita de 2 formas. A primeira através de termômetros específicos e a segunda com a inserção de vergalhão.

Nesse segundo caso deve-se usar um vergalhão de 7,0 mm e o mesmo deve ser introduzido na leira na profundidade de

1 metro devendo permanecer por 5 minutos. Ao retirá-lo, segurar imediatamente com a mão a parte mediana do mesmo. Se a temperatura for tolerável, significa que o processo de compostagem está ocorrendo normalmente, se, no entanto, estiver de morno a frio, necessita de umidificação e estiver muito quente a ponto de não ser tolerável segurar com a mão, haverá necessidade de fazer novo reviramento.

A temperatura da leira nos primeiros 15 a 20 dias atinge 60°C a 70°C, o que é importante para esterilização do composto; após esse período, permanece na faixa de 45°C a 55 °C decrescendo à medida que o material vai maturando.

A maturidade do composto ocorre quando a decomposição microbiológica se completa e a matéria orgânica é transformada em húmus, livre de toxicidade, metais pesados e patógenos. É ao final dessa fase que o adubo produzido pode ser utilizado.

Composição mineral do produto gerado em comparação aos Referenciais Teóricos do tema

Parâmetros	Produto Desenvolvido	IN 25/2009	Importância
N	1,54	>0,5%	Formação de proteínas e crescimento de plantas
P ₂ O ₅	0,18	0,5-1,5%	Contém o fósforo (P), um dos macronutrientes essenciais que atua em diversas reações bioquímicas da planta, favorecendo, dentre outros, o crescimento radicular das plantas.
K ₂ O	0,55	0,5-1,5%	Contém o potássio (K), um dos macronutrientes mais requeridos pela maioria das plantas para o seu crescimento
MO	45	Mínimo 40%	Está envolvido no metabolismo do nitrogênio, assim como na síntese de pigmentos e clorofila e garante há não limitação do crescimento das plantas
Ca	4,9	1,5-3%	Atua na formação de células e participa dos processos regulatórios da planta
Mg	0,32	0,6-1,2%	Atua na fotossíntese; ajuda no transporte de fósforo e outros elementos
S	0,15	0,2-0,5%	Faz parte das proteínas; melhora a absorção dos nutrientes nas raízes

Estimativa de custo, risco e efetividade

Itens Analisados	Produto	Adubo Químico Convencional NPK 4-14-8
Custo do Produto	R\$ 10,00	R\$ 17,63
Preço Final – Comercialização SC 50Kg	R\$ 35,00	R\$ 133,00
Grau de toxicidade (risco)	Baixo	Médio/Alto
Efetividade	Média/Alta	Média/Alta

Observação: Os cálculos foram feitos considerando da segunda produção em diante para o cultivo de alface.

O custo para a aquisição dos materiais para a montagem de uma composteira é de aproximadamente R\$ 300,00.

Referências

ANDREOLI, C. V.; VON SPERLING, M.; FERNANDES, F. **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais, 2001. 481 p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, v.6).

BARREIRA, L. P. **Avaliação das usinas de compostagem do estado de São Paulo em função da qualidade dos compostos e processos de produção**. 2005. Tese. (Doutorado em Saúde Pública). Programa de Pós Graduação em Saúde Pública, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

BARROS F. M., CHEINQUER H., TSUCHIYA C. T., SANTOS E. A. **Cost-effectiveness analysis of treatment with peginterferon-alfa-2a versus peginterferon-alfa-2b for patients with chronic hepatitis C under the public payer perspective in Brazil**. *Cost Eff Resour Alloc*, 2013.

BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos**. São Carlos: EDUSP, 1999. 109 p.

KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem: Maturação e Qualidade do Composto**. 4.ed. Piracicaba, SP. 173 p., 2004.

PRÁ, M. A. D.; CORRÊA, E. K.; CORRÊA, L. B.; LOBO, M. S.; SPEROTTO, L.; MORES, E. **Compostagem como alternativa para gestão ambiental na produção de suínos**. Porto Alegre: Editora Evangraf Ltda., 2009.

SANTOS. J. P. S. **Estudos sobre Custo-Risco-Efetividade no Brasil: Uma revisão sistemática**. Vol. 20. Rio de Janeiro, 2015.

SEBRAE. **Tecnologias Sociais: como os negócios podem transformar comunidades**. 2007.

SILVA, F. A. M.; VILAS-BOAS, R. L.; SILVA, R. B. DA. Resposta da alface à adubação nitrogenada com diferentes compostos orgânicos em dois ciclos sucessivos. *Acta Scientiarum Agronomy*, v.32, p.131-137, 2010.

SOUZA, R. P. *Uso de resíduos de papel em compostagem agrícola*. 2008. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Minas

Apêndice B – QR Code

