

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIAS
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

Adenilson Becker

**USO DE COMPOSTO ORGÂNICO DE DEJETOS BOVINOS
ASSOCIADO COM PODA URBANA NO CULTIVO DE CANAFÍSTULA
(*Peltophorum dubium*)**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Francisco Beltrão – PR
2021

Adenilson Becker

**USO DE COMPOSTO ORGÂNICO DE DEJETOS BOVINOS ASSOCIADO
COM PODA URBANA NO CULTIVO DE CANAFÍSTULA (*Peltophorum dubium*)**

Trabalho de Conclusão de Curso como requisito parcial para a conclusão do Curso de Bacharelado em Engenharia Ambiental da UTFPR, Câmpus Francisco Beltrão.

Orientadora: Prof^a. Dra. Denise Andreia Szymczak.

Coorientadora: Prof^a MSc Izadora Consalter Pereira.



TERMO DE APROVAÇÃO

ADENILSON BECKER

USO DE COMPOSTO ORGÂNICO DE DEJETOS BOVINOS ASSOCIADO COM PODA URBANA NO CULTIVO DE CANAFÍSTULA (*Peltophorum dubium*)

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado às 18:30 horas do dia 21 de junho de 2021, como requisito para aprovação na disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2 para obtenção do título de Engenheiro Ambiental, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O aluno foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof.^a Dr.^a. Denise Andréia Szymczak
(Presidente da Banca)

Prof. Dr. Marcelo Bortoli
(Membro da Banca)

Prof. MSc. Maico Chiarelto
(Membro da Banca)

Prof.^a Dr.^a. Denise Andréia Szymczak
(Professora Responsável pelo TCC)

Wagner de Aguiar
(Coordenador do Curso de Engenharia Ambiental)

“O Termo de Aprovação encontra-se assinado na Coordenação do Curso.”

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a minha família, minha mãe Eliria Maria Becker, meu pai Nelson Becker e meu irmão Adelino Becker, pelo amor, incentivo e motivação depositados a mim ao longo desta jornada.

A Danusa Carolina Müller, pelo amor, carinho, companheirismo depositados e também por me incentivar nesta conquista, obrigado por fazer parte da minha vida.

A meus amigos da “*Turma do Funil S/A*”, que caminharam junto ao longo destes anos, agradeço pelos momentos compartilhados, que tornaram esta caminhada mais leve e alegre. Amizades que levarei para a vida toda.

A meus amigos(as), Marcelo Casaletti e Astrit M. Reiter Casaletti, os quais estiveram desde o começo me apoiando e servindo de exemplo, aos que conquistei durante a vida, em especial Ana Cláudia Junges, Eduarda L. de Lima, e a todos meus colegas que fiz durante a graduação não citados aqui, mas que me deram motivação inúmeras vezes e fizeram parte de minhas conquistas ao longo destes anos.

Agradecer grandemente também aos colegas de estágio da Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Francisco Beltrão, pela amizade construída no convívio e também as experiências trocadas que contribuíram para meu crescimento profissional.

Agradeço à Universidade Tecnológica federal do Paraná campus Francisco Beltrão, a qual me proporcionou a oportunidade de cursar e concluir com êxito um curso superior em universidade pública, gratuita e de excelência.

A minha orientadora Dra. Denise Andreia Szymczak e coorientadora MSc Izadora Consalter Pereira pelo suporte prestado ao decorrer do desenvolvimento deste trabalho e pelo aprendizado compartilhado.

Estendo também os agradecimentos aos professores que aceitaram o convite para banca avaliadora, ao MSc. Maico Chiarelto e Dr. Marcelo Bortoli, que contribuíram imensamente com seus apontamentos para melhoria do presente trabalho.

Aos demais professores do curso de Engenharia Ambiental, que proporcionaram uma bagagem de conhecimento de excelente qualidade.

BECKER, ADENILSON. **Uso de composto orgânico de dejetos bovinos associado com poda urbana no cultivo de Canafístula (*Peltophorum dubium*)**. 2021. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso Superior de Engenharia Ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, UTFPR. Francisco Beltrão, 2021.

RESUMO: O aumento das atividades antrópicas, acarretou o aumento na demanda por alimentos. Neste sentido, a bovinocultura leiteira cresce, visando atender a produção de alimentos derivados do leite, provocando o aumento do rebanho e dos resíduos agroindustriais, que se dispostos sem devido tratamento causam danos ao ambiente. O objetivo do trabalho foi realizar a compostagem de esterco bovino associado a poda urbana avaliando sua viabilidade na produção de mudas de canafístula. A compostagem foi realizada na área experimental da UTFPR-FB, sendo monitorados os parâmetros de físico-químicos. O composto foi aplicado no plantio de mudas de Canafístula, em seis tratamentos distintos, utilizando composto orgânico produzido, solo e substrato comercial. A qualidade das mudas foi avaliada por meio dos parâmetros fitomorfológicos e Índice de Qualidade de Dickson (IQD). Para diâmetro de coleto, o melhor desenvolvimento foi observado em T2 (7,36 mm), sendo que os tratamentos T5 e T6 com os menores valores. Para altura de parte aérea, T3 (37,91 cm) demonstrou melhor crescimento, sendo superior aos demais tratamentos. Para o IQD o T2 (5,71) apresentou a melhor qualidade da muda produzida, sendo T3 (5,02) também de qualidade superior aos demais tratamentos. Por fim, foi possível obter composto maturado, o qual teve efeito positivo mostrando-se melhor no desenvolvimento da Canafístula em todas as proporções que continham composto de esterco bovino em comparação aos tratamentos a T5 e T6 que não continham composto orgânico em sua formulação, convertendo o passivo ambiental em ativo ambiental, atenuando os efeitos danosos ao ambiente.

Palavras-chaves: Compostagem. Bovinocultura de leite, Produção de mudas. Canafístula.

BECKER, ADENILSON. **Use of organic compost from cattle manure associated with urban pruning in the cultivation of canafistula (*Peltophorum dubium*)**. 2021. 46 p. Course Conclusion Paper (Graduation) - Higher Course in Environmental Engineering. Federal Technological University of Paraná, UTFPR. Francisco Beltrão, 2021.

ABSTRACT: The increase in anthropic activities led to an increase in the demand for food. In this sense, dairy cattle growing, aiming to supply the production of foods derived from milk, causing an increase in the herd and agro-industrial residues, which, if disposed of without proper treatment, cause damage to the environment. The objective of this work was to carry out the composting of cattle manure associated with urban pruning, evaluating its viability in the production of canafistula seedlings. The composting was carried out in the experimental area of UTFPR-FB, monitoring the physical-chemical parameters. The compost was applied in the planting of Canafistula seedlings, in six different treatments, using produced organic compost, soil and commercial substrate. Seedling quality was evaluated using phytomorphological parameters and Dickson's Quality Index (IQD). For stem diameter, the best development was observed in T2 (7.36 mm), with the treatments T5 and T6 having the lowest values. For aerial part height, T3 (37.91 cm) showed better growth, being superior to the other treatments. For the IQD, T2 (5.71) presented the best quality of the seedling produced, being T3 (5.02) also of superior quality to the other treatments. Finally, it was possible to obtain matured compost, which had a positive effect, showing better in the development of Canafistula in all proportions that contained bovine manure compost compared to treatments at T5 and T6 that did not contain organic compost in their formulation, converting the environmental liability in environmental asset, attenuating the harmful effects to the environment.

Keywords: Composting. Dairy cattle raising, Seedling production. Canafistula.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização geográfica da Área de Estudo	22
Figura 2 – Pilhas de compostagem montadas.....	23
Figura 3 – Procedimento de peneiramento do composto estabilizado	23
Figura 4 – Distribuição espacial dos tratamentos.....	26
Figura 5 – Cuidados adotados com as mudas.....	26
Figura 6 – Aferição de diâmetro do coleto	27
Figura 7 – Procedimento para obtenção de MSR e MSPA	28
Figura 8 – Monitoramento da temperatura	29
Figura 9 – Monitoramento de pH	30
Figura 10 – Monitoramento do teor de água	31
Figura 11 – Monitoramento de sólidos fixos e voláteis.....	32
Figura 12 – Monitoramento de Carbono Orgânico Total	32
Figura 13 – Médias do diâmetro de coleto das mudas de Canafístula	33
Figura 14 – Médias de altura de parte aérea das mudas de Canafístula	35
Figura 15 – Média de número de folha das mudas de Canafístula.....	36
Figura 16 – Valores de IQD para mudas de Canafístula	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Médias de Diâmetros de Coleto de mudas de Canafístula.	34
Tabela 2 – Médias de Altura de Parte Aérea de mudas de Canafístula.....	35
Tabela 3 – Médias do Índice de Qualidade de Dickson da Canafístula.	38

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	OBJETIVOS	12
2.1	Objetivo Geral	12
2.2	Objetivos Específicos	12
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1	Resíduos Sólidos	13
3.1.1	Bovinocultura e seus impactos.....	14
3.1.2	Resíduo de poda urbana	15
3.2	Compostagem	15
3.2.1	Teor de água.....	16
3.2.2	Aeração	17
3.2.3	Temperatura	17
3.2.4	Relação carbono / nitrogênio (C/N).....	18
3.2.5	pH.....	18
3.2.6	Tamanho de partícula	19
3.3	Produção de Mudanças Florestais	19
3.3.1	Canafístula (<i>Peltophorum dubium</i>)	20
3.3.2	Substrato.....	21
4	MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1	Localização da Área De Estudo	22
4.2	Montagem das Pilhas de Compostagem	22
4.3	Análises Físico-Químicas da Compostagem	24
4.4	Plantio das Mudanças	25
4.5	Parâmetros Fitomorfológicos das Mudanças	27
4.6	Análise dos dados	28
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
5.1	Análises Físico-Químicas da Compostagem	29

5.2	Análise Fitomorfológica das Mudanças	33
6	CONCLUSÃO	40
	REFERÊNCIAS	41
	APÊNDICES	46

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento populacional e a industrialização pós revolução industrial houve uma intensificação na busca por recursos naturais, contribuindo para a degradação do meio e o aumento na geração de resíduos das mais variadas formas. Diante da expansão da atividade antrópica, e do descarte de resíduos no ambiente sem o devido tratamento, tais ações contribuem para a contaminação e desestruturação do solo, alteração da qualidade dos recursos hídricos, emissão de gases de efeito estufa e proliferação de vetores.

Para suprir a crescente demanda por alimentos, o setor agropecuário cresce a mesma medida no Brasil. Neste sentido a bovinocultura leiteira tem importante participação na produção de alimentos e por consequência concentra grande parte da geração de resíduos sólidos provenientes dos dejetos dos animais.

O Brasil encontra-se no ranking dos maiores produtores mundiais de leite sendo responsável por 7 % de todo o volume de leite produzido no mundo, sendo o Paraná o estado que ocupa a segunda colocação no ranking nacional. O sudoeste paranaense se destaca como a maior bacia leiteira do estado, sendo responsável por um volume de um bilhão de litros anuais, sendo uma das regiões do país que mais cresce neste setor (PARANÁ, 2020).

Tendo em vista este cenário, recomenda-se a utilização da técnica de compostagem para tratamento dos resíduos sólidos provenientes das atividades agropecuárias. De acordo com a Resolução CONAMA nº 481/2017, consiste na degradação da matéria orgânica por meio da atividade dos microrganismos em condições aeróbias e termofílicas, estabilizando a matéria orgânica, reduzindo volume e eliminando microrganismos patogênicos.

Para implantação da compostagem Motta e Nunes (2014), recomendam a utilização de materiais ricos em nitrogênio (esterços, camas de criações e resíduos orgânicos domiciliares) associados com materiais com alta concentração de carbono. A utilização de poda urbana como fonte de carbono pode ser útil para dar destino a estes resíduos que carecem de metodologias sustentáveis para destinação final, que em muitos casos são encaminhadas a aterros sanitários.

Desta maneira, a compostagem resulta em um composto orgânico com elevada carga de nutrientes, que pode ser aproveitado na produção de mudas florestais. Realizando a conversão de materiais que eram considerados passivos ambientais em ativos ambientais podendo ser aplicado como condicionador de solo para produção de mudas nativas, surgindo como alternativa frente a utilização de substrato comercial, assim reduzindo os custos operacionais relacionados a produção de mudas florestais.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o crescimento de mudas de *Peltophorum dubium* (Canafístula) em diferentes composições de substrato de composto orgânico oriundo do tratamento por compostagem de resíduos de esterco bovino associado com poda urbana triturada.

2.2 Objetivos Específicos

- Produzir composto orgânico por meio da compostagem de esterco bovino associado com poda urbana triturada;
- Monitorar o processo de compostagem por meio do monitoramento dos parâmetros físico-químicos;
- Avaliar a qualidade das mudas produzidas com uso do substrato compostado por meio dos parâmetros fitomorfológicos e do Índice de Qualidade de Dickson (IQD) nas diferentes composições de substrato;
- Comparar o desenvolvimento das mudas de Canafístula produzidas em diferentes proporções de substrato utilizando composto orgânico associado com solo utilizando substrato comercial como controle.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Resíduos Sólidos

Desde os primórdios o homem tem consumido materiais para suas atividades, imposto por um modelo econômico consumista, o uso intensificado de bens e materiais geram impactos ao meio ambiente, tanto em sua produção, utilização, como também em seu descarte. Além disso, a sociedade cresce de forma acelerada, contribuindo para o aumento da geração de resíduos (GUERRA, 2012).

A NBR 10.004 revisada em 2004, define o termo resíduos sólidos como produtos em estado sólido ou semissólido resultante de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ainda inclui na definição, lodos oriundos de sistemas de tratamento de água, efluentes gerados em equipamentos, bem como líquidos que se tornem inviáveis a lançamento na rede de esgotos ou corpos hídricos.

No Brasil, como forma de mitigar os impactos causados por resíduos sólidos, no ano de 2010 foi sancionada a Lei Federal nº 12.305 que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a qual dispõe sobre o gerenciamento dos resíduos, desde sua geração até sua correta disposição final (BRASIL, 2010).

Segundo Sobral (2012), considera-se como tratamento dos resíduos sólidos um conjunto de atividades que transformem este material de maneira física, química ou biológica, facilitando as condições para sua correta disposição final. Ainda conforme Sobral (2012), mesmo que aterros sanitários sejam a forma ambientalmente correta de dispor estes resíduos, os mesmos demandam de grandes áreas, estudos rigorosos de impactos e monitoramento nas atividades em seu uso e após serem desativados.

De acordo com Pereira Neto (2007), cerca de 60 % dos resíduos produzidos são de natureza orgânica, resultado de atividades industriais, comerciais, agrícolas, domiciliares, entre outras. Nesse sentido a reciclagem pode ser feita tanto em resíduos inertes reinserindo materiais no processo produtivo reduzindo a busca por novas matérias primas, como também em resíduos orgânicos por meio da compostagem.

Assim, a compostagem apresenta-se como uma técnica economicamente viável e ambientalmente correta para tratar resíduos orgânicos, pois é de fácil operacionalidade, reduz o volume final de rejeitos e proporciona como produto um fertilizante rico em nutrientes (CHIARELOTTO e MONZANI, 2015).

3.1.1 Bovinocultura e seus impactos

Entre os anos de 2008 e 2016, o Brasil se consolidou como um dos maiores produtores de leite do mundo, ocupando o quinto lugar em termos de volume de produção leiteira no cenário mundial (PARANÁ, 2020). Houve uma forte expansão de volume da produção leiteira no Brasil entre os anos de 2002 e 2014, período este o qual o rebanho de ordenha aumentou cerca de 22,7 %, provocando aumento de 62,5 % na produção leiteira, demonstrando que houve um aumento significativo na produtividade do rebanho (VIELA et al. 2016).

Apesar do aumento da produção, ocorreu uma redução expressiva no número de produtores, o que muito se dá pelo surgimento de novas tecnologias e da intensificação dos sistemas de produção, e com isso foi possível melhorar a produtividade do rebanho, utilização das terras, elevando a colocação do Brasil para terceiro lugar no ranking de produção de leite e derivados no mercado mundial (ROCHA; CARVALHO; RESENDE, 2020).

No cenário nacional, a produção leiteira é concentrada nas regiões sul e sudeste, regiões que apresentaram crescimento anual de 4,6 e 1,4 % ao ano respectivamente, sendo as responsáveis por 68 % de toda produção brasileira que cresce a um ritmo de 2,7 % anuais (ROCHA; CARVALHO; RESENDE, 2020). Dos estados brasileiros Minas Gerais lidera com o volume de 8,9 bilhões de litros ao ano e se destaca como maior produtor de leite nacional, seguido do Paraná com o montante de 4,4 bilhões de litros ao ano ocupando a segunda colocação, seguido por Rio Grande do Sul, com 4,2 bilhões de litros ao ano (PARANÁ, 2020).

Neste sentido, o estado do Paraná vem de um ritmo de crescimento muito expressivo da atividade leiteira, o que representou um acréscimo de 55 % da produção de leite entre os anos de 2008 a 2018. Este crescimento se deve a fatores como ao uso de tecnologias de produção de ponta, controle genético do rebanho, bem como investimento em nutrição adequada aos animais, programas de apoio do governo para auxílio no combate à desnutrição infantil por meio da distribuição de leite gratuita a crianças de famílias vulneráveis (PARANÁ, 2020).

Dentre as regiões do Paraná, o sudoeste paranaense se destaca como a maior bacia leiteira do estado, sendo responsável pela produção do volume de 1 bilhão de litros de leite ao ano em 2017, colocando a região do estado entre as que mais cresce atualmente no Brasil, por conta do seu clima favorável, mão de obra qualificada e devido a sua localização favorável a presença de pastagem durante todos os períodos do ano (PARANÁ, 2020).

Nas últimas quatro décadas, a modernização do sistema pecuário brasileiro fez com que o rebanho mais do que dobrasse, as áreas de pastagem pouco avançaram e até diminuíram

em algumas regiões, em função do avanço tecnológico dos sistemas de produção que também refletiu na qualidade da oferta do produto ao consumidor (GOMES, FEIJÓ E CHIARI, 2017).

A produção leiteira normalmente ocorre em sistema semiextensivo com sistema rotativo de pastagem, onde o pasto é subdividido em um sistema de três ou mais piquetes, os quais são pastejados alternadamente. Estas frações de pastagem podem ficar por períodos de um a sete dias de descanso, ou seja, sem ocupação, para que a gramínea possa se recompor. Ainda, este sistema de manejo de pastagem exerce papel fundamental na preservação do solo, pois permite que o solo mantenha uma cobertura vegetal por maior período de tempo (OLSZENSVSKI, 2011)

Com o crescimento do setor agroindustrial e sua cadeia produtiva, acarreta o aumento no consumo de matéria-prima e como consequência maior geração de resíduos sólidos orgânicos, a compostagem atua reduzindo os prejuízos socioambientais, proporcionando a reciclagem destes resíduos agroindustriais (CHIARELOTTO, 2018).

3.1.2 Resíduo de poda urbana

A arborização urbana tem fundamental participação na amenização do efeito das “ilhas de calor” que provocam a elevação da temperatura no ambiente urbano. No entanto, com a presença de redes de distribuição de energia nas cidades, há um grande conflito com o plantio de árvores, quando não planejado. Tornando necessária a adoção de podas de condução cada vez mais frequentes nestas árvores. Desta forma se faz necessária adoção de metodologias para disposição final destes resíduos, que atualmente acabam sendo encaminhados a aterros sanitários, contribuindo para a redução da vida útil destes (ROCHA et al. 2015).

Deste modo, o resíduo de poda urbana é classificado de acordo com a PNRS como resíduo de limpeza urbana, e enquadrado como resíduo classe II A de acordo com a NBR 10.004. Segundo Chiarelto e Monzani (2015), o resíduo de poda urbana pode ser utilizado como suporte para a realização do processo de compostagem como fonte de carbono, sendo um resíduo de alta disponibilidade e baixo custo.

3.2 Compostagem

Conforme a Resolução CONAMA nº 481/2017, a compostagem é o processo de decomposição biológica da matéria orgânica, por microrganismos em condições aeróbias e

termofílicas, resultando em um composto estabilizado, com propriedades e características diferentes aos que lhe deram origem (BRASIL, 2017).

Segundo Cerri et al. (2008), trata-se de um processo de oxidação biológica onde os microrganismos degradam os constituintes do material, liberando dióxido de carbono e vapor de água, sendo este um processo que ocorre naturalmente no ambiente.

Para Lima (2004), o composto orgânico produzido a partir de resíduos orgânicos não é uma solução final para o problema de saneamento ambiental, porém, ele age como forma de tratamento reduzindo os danos causados ao ambiente pela má disposição deste tipo de resíduo no ambiente, podendo também ser utilizado como alternativa a fertilizantes químicos.

Nesse sentido, a compostagem propicia a minimização da quantidade de resíduos orgânicos que seriam encaminhados a aterros sanitários, prorrogando a vida útil do aterro e para a redução de emissão de gases de efeito estufa (GOMES et al., 2015).

Conforme Pereira Neto (2007), a maneira mais eficaz para biodegradação de resíduos orgânicos é por meio da compostagem, um processo biológico aeróbico que permite tratar e estabilizar o resíduo de forma rápida e livre de mau cheiro, promovendo a mineralização e humificação do resíduo para produção de composto orgânico.

Desta forma, a formulação inicial da matéria a ser degradada dependerá de fatores como tamanho de partícula, teor de água, aeração, temperatura, pH e a correta relação entre carbono e nitrogênio, estejam adequados, para que favoreçam o processo de degradação do material melhorando a eficiência do processo (PEREIRA NETO, 2007).

3.2.1 Teor de água

O teor de água ideal de uma pilha de compostagem, deve manter-se entre o percentual máximo de 60 % e mínimo de 40 %, nestes níveis o processo impede a produção de líquido percolado, contribuindo para a eficácia do processo (PEREIRA NETO, 2007).

Conforme Lima (2004), os processos biológicos de decomposição da matéria orgânica exigem umidade na faixa entre 40 % e 60 %, sendo que teores abaixo de 40 % retardam a degradação ao inibir a atividade biológica e teores acima de 60 % preenchem os espaços vazios com água, estimulando a degradação de forma anaeróbia.

O processo da compostagem comporta-se de maneira similar a um processo de secagem, devida a elevada temperatura no período inicial que provoca a evaporação da água, logo, é importante iniciar a compostagem com valores de umidade superiores a 50 % e realizar o controle deste fator durante o procedimento (CERRI et al., 2008).

Para realizar o controle deste parâmetro, caso haja excesso de umidade acima de 60 %, deve-se acrescentar material seco que absorva o excesso como resíduos vegetais secos e serragem, caso a umidade esteja abaixo de 40 %, basta adicionar água a pilha de forma manual ou deixá-la exposta a chuva (PEREIRA NETO, 2007).

3.2.2 Aeração

Os microrganismos aeróbios necessitam do oxigênio para promover a oxidação biológica do carbono dos resíduos orgânicos, fornecendo a energia necessária para que os microrganismos realizem seu metabolismo degradando a matéria, a fração dessa energia que não é aproveitada é liberada para o ambiente na forma de calor (CERRI et al., 2008).

No sistema de pilhas ou leiras, os resíduos são dispostos em forma de pirâmide alternando camadas, sendo o revolvimento a forma de introdução de oxigênio pela ação de convecção e difusão do ar na massa do composto (FERNANDES; SILVA, 1999).

Em processos mais simplificados, a introdução de ar na pilha é feita de acordo com as características e volume da massa, que pode ser feita de forma manual ou mecânica. Durante o reviramento, o calor retido pela atividade dos microrganismos é liberado na forma de vapor de água, neste momento faz-se a correção da umidade (PEREIRA NETO, 2007).

3.2.3 Temperatura

A temperatura segundo Lima (2004), deve permanecer entre os 23 e 70 °C, sendo que temperaturas abaixo desta faixa tornam o processo lento e não elimina sementes e patógenos presentes no meio. Em contrapartida, temperaturas superiores a 60 °C, deterioram as enzimas, inibindo o processo de reações enzimáticas do meio.

De acordo com, Pereira Neto (2007), a temperatura acima de 65 °C causa a eliminação dos microrganismos responsáveis pela degradação dos resíduos, desta forma adotando como temperatura média ideal de 55 °C.

Seguindo o recomendado pela CONAMA 481/2017, a qual prevê que seja garantido durante o processo de compostagem um período mínimo de 14 dias em fase termofílica, para garantia de higienização dos resíduos sólidos orgânicos eliminando a presença de patógenos. A degradação do resíduo ocorre em duas fases de temperatura distintas, a fase termofílica (45-65 °C) na qual ocorre a eliminação de microrganismos patogênicos, e a mesofílica (30-45 °C) fase responsável pela maturação do composto orgânico (PEREIRA NETO, 2007).

O composto é considerado em maturação quando as temperaturas estão variando entre 25 e 45 °C, ou seja, fase mesofílica. A maturação está completa quando a temperatura da pilha começa a se equiparar com temperatura ambiente (CONCEIÇÃO, 2012).

O controle da temperatura pode ser facilmente feito por meio da aeração, estimulando a respiração microbiana a fim de dissipar o calor liberado no processo. (FERNANDES; SILVA, 1999). Se os parâmetros de umidade e aeração estiverem corretamente controlados, a temperatura tende estar ideal para cada fase do processo (PEREIRA NETO, 2007).

3.2.4 Relação carbono / nitrogênio (C/N)

A relação C/N resulta na eficiência do processo, desta forma o carbono representa a energia necessária para as atividades metabólicas dos microrganismos e, o nitrogênio favorece a reprodução celular, assim a relação C/N caracteriza-se como um fator que limitante no processo de compostagem (PEREIRA NETO, 2007).

A relação deste fator se realizada de maneira correta favorece o crescimento e a atividade de colônias de microrganismos, reduzindo o tempo necessário para produção do composto (CERRI, 2008). Segundo Lima (2004), a relação de C/N inicial ideal para o início do processo é de 30/1 e ao fim da maturação, essa relação deve ser de 10/1.

Como recomendado por Motta e Nunes (2014), é importante a utilização de materiais palhosos com alta relação C/N, associados a materiais ricos em nitrogênio como esterco, camas de criações, resíduos orgânicos de restos de alimentos de baixa relação C/N.

De acordo com Nunes (2009), a compostagem para resíduos de dejetos deve conter uma proporção de 70 % a 80 % de resíduos que sejam fonte de carbono (poda urbana triturada) e o restante deve ser completo com fonte rica em nitrogênio (esterco bovino).

A escolha de materiais com a incorreta relação C/N, acarreta problemas ao desenvolvimento da compostagem, onde valores baixos desprendem nitrogênio por volatilização de amônia à atmosfera e valores elevados inibem a atividade metabólica dos organismos devida a falta de nitrogênio para reprodução celular deixando o processo de degradação da matéria mais lento (CONCEIÇÃO, 2012).

3.2.5 pH

O pH encontra-se na faixa de 4,5 a 9,5 ao longo da compostagem, sendo que estes valores são regulados por microrganismos durante o processo de degradação, que produz

subprodutos ácidos e básicos conforme a necessidade dos microrganismos, sendo que ao final o pH de um composto já maturado deve ser superior a 7,8 (PEREIRA NETO, 2007).

Os compostos oriundos de dejetos animais, costumam apresentar pH alcalino, favorecendo o desenvolvimento dos microrganismos que atuam na faixa de pH de 6,5 a 8, assim o controle do pH é de fácil controle e não apresenta problemas (CERRI et al., 2008).

3.2.6 Tamanho de partícula

A granulometria correta é de fundamental importância, pois partículas menores aumentam a superfície de contato disponível para que os microrganismos se desenvolvam e degradem a matéria, assim reduzindo tempo de fermentação (LIMA, 2004).

As partículas devem ter tamanho entre 10 e 50 mm, desta forma antes da montagem das pilhas é possível realizar a correção mecânica do tamanho de partícula triturando o resíduo (PEREIRA NETO, 2007).

3.3 Produção de Mudanças Florestais

A presença do homem e de outras espécies animais na natureza gera alterações no meio ambiente, tendo em vista que os indivíduos utilizam o meio como substrato para garantir sua existência interagindo com o meio físico e biótico, assim causando impacto e degradação em diferentes ecossistemas (MARTINS, 2013).

No século XIX a demanda mundial por madeira cresceu extremamente, para o desenvolvimento de atividades industriais (fornalhas de calceiras), construção civil, cocção de alimentos, dentre outros. A utilização da madeira só decresceu após surgimento de materiais substitutivos, como por exemplo o plástico, derivados de celulose e a madeira reconstituída, assim como também o desenvolvimento tecnológico que propiciou o aumento da eficiência dos processos produtivos (FERREIRA; SILVA, 2008).

Com isso, a degradação ambiental cresce e se impõe nos mais variados ecossistemas, desde os tempos de colonização até os dias atuais a preocupação com a recuperação de áreas degradadas vem se tornando realidade nos processos produtivos, com a finalidade de mitigar os impactos negativos da degradação na qualidade de vida da população e neste contexto, a principal aplicação de mudas nativas é na recuperação de áreas degradadas (MARTINS, 2013).

De acordo com a Instrução Normativa nº 11 de dezembro de 2014 do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), área degradada é aquela que foi

impossibilitada de retornar de forma natural a um estado que se assemelhe ao seu estado inicial, dificilmente sendo restaurada, apenas recuperada. De forma similar, para Martins (2013), área degradada é definida como a área que sofreu impacto seja ele de origem antrópica ou não, e que após este impacto perdeu sua resiliência, ou seja, perdeu a capacidade natural de retornar ao seu estado de equilíbrio de origem (MARTINS, 2013).

Há milhares de anos espécies arbóreas se desenvolveram e sofreram processos evolutivos de seleção natural, resultando em espécies geneticamente resistentes e adaptadas ao meio em que são de origem, estas ditas “espécies nativas”. Ainda, o homem tem constantemente introduzido espécies de outras regiões do planeta em locais que estas não são de origem para ganhos econômicos ou ornamentais, estas espécies são denominadas “espécies exóticas”, as quais podem acarretar mudanças em qualquer ecossistema equilibrado (LORENZI, 2008).

3.3.1 Canafístula (*Peltophorum dubium*)

A sua ocorrência se dá de forma natural no nordeste da Argentina, leste do Paraguai, norte do Uruguai e em território brasileiro nos três estados da região sul do Brasil, Alagoas, Bahia, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Pernambuco, Paraíba, Pernambuco, Rio de Janeiro e São Paulo (CARVALHO, 2002).

De acordo com Lorenzi (2008), sua ocorrência se dá nos estados da Bahia, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul até o Paraná, com altura entre 15 e 25 metros e com tronco de 50 a 70 centímetros, as folhas são compostas bipinadas com até 20 pares de pinas, florescendo entre dezembro e fevereiro com flores amarelas com a maturação dos frutos entre março e abril, podendo ter suas vagens viáveis na árvore por vários meses.

Trata-se de uma árvore decídua, que em seu desenvolvimento atinge entre 10 e 20 metros, com diâmetro a altura do peito (DAP) entre 35 e 90 centímetros. De tronco cilíndrico reto ou levemente curvo e achatado com base acanalada, com fuste de até 15 metros de comprimento, a casca atinge até 25 milímetros de espessura com característica rugosa de cor marrom-escura com fissuras longitudinais (CARVALHO, 2002).

Conforme Carvalho (2002), a Canafístula é abundante em formações ecológicas sucessionais secundárias, com poucos indivíduos de grande porte, desta forma, ocupa presença dominante em florestas primárias, desempenhando papel pioneiro em campos abertos e em matas degradadas sendo presentes também em bordas de remanescentes florestais.

Para a ocorrência e bom desenvolvimento, a Canafístula necessita de clima com precipitação média anual entre 700 e 2300 mm, com temperaturas médias anual entre 18,1 °C

e 25,3 °C sob clima subtropical úmido (Cfa), subtropical de altitude (Cwa e Cwb), tropical (Aw) e eventualmente em clima semiárido (Bsh) (CARVALHO, 2002).

Lorenzi (2008), recomenda que para a produção de mudas, as sementes sejam postas para germinação logo que colhidas em substrato rico em matéria orgânica, sendo que sua emergência ocorre entre 15 e 30 dias, sendo de desenvolvimento rápido em campo. Também se desenvolve em solos ácidos de cerrado e solos de alta fertilidade química, desde que bem drenados, não tolerando solos rasos, pedregosos ou demasiadamente úmidos, exigindo bastante nitrogênio, a adição de lodo ou esterco decompostos são eficazes no desenvolvimento das mudas (CARVALHO, 2002).

A árvore apresenta bom sombreamento além de muito ornamental quando em época de florescimento, pode ser utilizada com sucesso em paisagismo, como seu crescimento é rápido, é ideal para composição de reflorestamentos em áreas degradadas (LORENZI, 2008).

3.3.2 Substrato

O substrato tem como função, sustentar e fornecer os nutrientes necessários para o desenvolvimento da muda até o seu plantio no campo, sendo que um bom substrato deve possuir equilíbrio entre material mineral, material orgânico, ar e água. Deste modo, deve reter umidade, ser poroso para garantir boa drenagem do excesso de água e aeração, livre de daninhas invasoras, livre de patógenos e ter nutrientes suficientes para dar suporte ao crescimento das mudas (MARTINS, 2013).

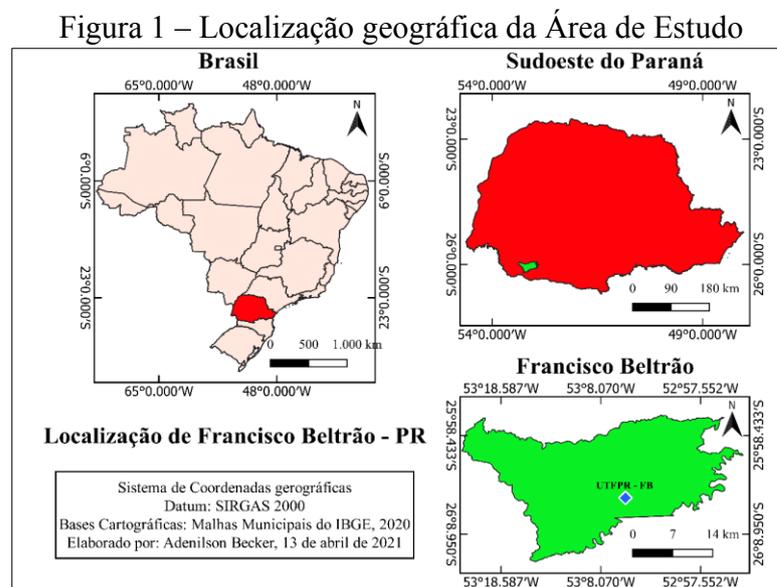
Há uma vasta quantidade de substratos existentes no disponíveis no mercado, tais como o composto orgânico, a vermiculita, a serragem, a turfa, o húmus de minhoca, o esterco bovino e a terra de subsolo. Assim, é como que se faça o uso de misturas de diferentes tipos de substratos, especialmente quando se utiliza terra de subsolo que é pobre em nutrientes. Neste caso recomenda-se a inserção de materiais que aumente a carga de nutrientes (MARTINS, 2013).

Segundo Lorenzi (2008), o substrato deve ser composto com material orgânico decomposto, solo arenoso ou argiloso almejando uma proporção que o deixe poroso, visando uma boa aeração para oxigenação das sementes e que os poros proporcionem a drenagem adequada para fácil controle de umidade, além de ser isento de sementes de plantas daninhas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização da Área De Estudo

A pesquisa foi conduzida na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Francisco Beltrão (UTFPR-FB), situada no município de Francisco Beltrão com latitude 26,08° S e longitude 53,07° W, na região sudoeste do Paraná (Figura 1). O clima da região de estudo é classificado, de acordo com Köppen como subtropical do tipo Cfa, com precipitação média anual entre 2.000 e 2.200 mm, temperaturas com médias anuais entre 18,1 e 19 °C (NITSCHKE et al., 2019).



Fonte: Autor (2021).

4.2 Montagem das Pilhas de Compostagem

Foram feitas três pilhas de compostagem constituídas pela mistura de dois resíduos, sendo esterco bovino e poda urbana triturada. O primeiro com alta concentração de nitrogênio e segundo fonte rica em carbono. O esterco de bovino leiteiro foi coletado em uma propriedade rural nas proximidades do campus da UTFPR, e a poda urbana triturada fornecida pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente do município de Francisco Beltrão.

Para cálculo da relação C/N foram adotados valores descritos por Motta e Nunes (2014), em que o esterco bovino apresenta relação C/N de 18/1. Em acordo com o observado por Sbizzaro (2013), em estudo para tratamento em vermicompostagem de dejetos ovinos e

bovinos, em que a caracterização dos dejetos bovinos resultou na composição de 33,34 % de carbono e 1,81 % de nitrogênio (C/N de 18/1). Para quantificar a massa total de poda adotou-se valor obtido por Meira (2010), que quantificou e caracterizou os resíduos de poda urbana de Piracicaba, a qual avaliou diferentes fontes de carbono para compostagem, caracterizando a poda com relação C/N de 41/1, sendo recomendado o seu uso associado a fontes de nitrogênio.

As pilhas de compostagem foram montadas (Figura 2) com aproximadamente 70 kg de esterco bovino e 130 kg de poda triturada cada, resultando na relação C/N final aproximada de 30/1 (Apêndice A). Ao decorrer do processo de compostagem, as pilhas foram revolvidas com o auxílio de pá e enxada, semanalmente. Desta forma, as partes externas do material eram colocadas para o interior da pilha e porções do centro alocadas para o exterior, promovendo a completa inversão das camadas até a completa maturação do composto.

Figura 2 – Pilhas de compostagem montadas



Fonte: Autor (2019).

Ao fim do processo de maturação do composto quando as temperaturas se equipararam à temperatura ambiente, as pilhas foram homogeneizadas e o material foi peneirado em malha de um centímetro (Figura 3a), para o material ficar com granulometria uniforme (Figura 3b).

Figura 3 – Procedimento de peneiramento do composto estabilizado



Fonte: Autor (2020).

4.3 Análises Físico-Químicas da Compostagem

Durante a fase de degradação do resíduo e maturação do composto, foram aferidas diariamente a temperatura das pilhas no decorrer dos dois primeiros meses. As análises de pH, teor de água, sólidos totais e COT foram realizadas ao passo em que os revolvimentos ocorriam.

Seguindo metodologia da Embrapa adaptada de Teixeira et al. (2017), a análise de pH foi realizada utilizando 10 gramas de amostra em 100 mL de água destilada, a mistura foi agitada e homogeneizada, após este procedimento realizava-se a leitura com auxílio de um pHmetro de bancada. Sendo realizada triplicata para cada tratamento.

Para a determinação dos teores de água e massa seca, as amostras eram levadas a estufa da marca De Leo, por um período de 24 horas a uma temperatura de 105 °C, para remover completamente a umidade da amostra. As equações 1 e 2, quantificam o teor de umidade e massa seca da amostra, respectivamente.

$$U(\%) = \frac{(A_i - A_f) * 100}{A_i} \quad (1)$$

$$MS (\%) = 100 - U \quad (2)$$

Em que:

U = teor de água na amostra (%);

A_i = peso inicial da amostra (g);

A_f = peso final da amostra após secagem (g);

MS = teor de massa seca do resíduo (%);

Para as determinações dos sólidos fixos, sólidos voláteis e COT, foi adotada a metodologia de Goldin (1987), a qual foi modificada por Carmo e Silva (2012), onde as amostras eram previamente secas em estufa De Leo a 105 °C durante 24 horas. Posteriormente a amostra foi triturada com auxílio de um pistilo e 2 gramas eram alocadas em cadinhos de cerâmica, sendo levadas a forno do tipo mufla em temperatura de 550 °C onde a matéria orgânica presente era incinerada durante um período de 3 horas. As quantidades de SV, SF e COT são expressadas de acordo com as equações 3, 4 e 5 respectivamente.

$$SV (\%) = \frac{(m_{PE} - m_{PM}) * 100}{m_{PE}} \quad (3)$$

$$SF (\%) = 100 - SV \quad (4)$$

$$COT = \frac{SV}{1,8} \quad (5)$$

Em que:

SV = sólidos voláteis (%);

SF = sólidos fixos (%);

mPE = Massa de amostra pós estufa (g);

COT = Carbono orgânico total.

mPM = Massa de amostra pós mufla (g);

4.4 Plantio das Mudanças

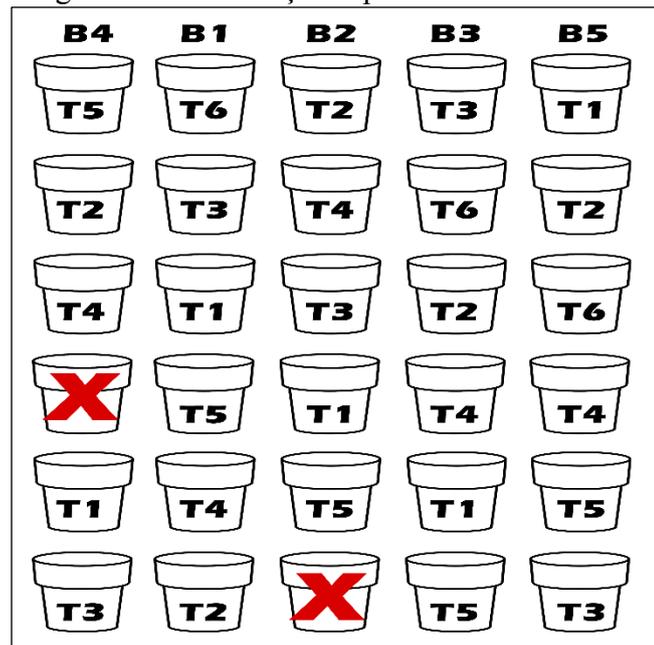
As mudas de *Canafistula* foram cedidas pelo viveiro municipal da Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Francisco Beltrão já cultivadas com seis meses de idade estimada e altura média de aproximadamente 30 centímetros. Logo após foi realizado o preparo do substrato contendo diferentes composições de composto orgânico, solo e substrato comercial. Foram utilizados vasos com volume de 10 litros, onde fez-se o transplante das mudas dos tubetes para os vasos contendo substrato misto conforme os seguintes tratamentos:

- T1: 100 % de composto orgânico;
- T2: 75 % de composto orgânico e 25 % de solo;
- T3: 50 % de composto orgânico e 50 % de solo;
- T4: 25 % de composto orgânico e 75 % de solo;
- T5: 100 % de solo;
- T6: 100 % de substrato comercial.

O solo utilizado nos tratamentos foi retirado ao entorno da universidade. A retirada do solo foi feita com auxílio de pá e enxada, sendo coletado de forma a utilizar o solo que está 20 centímetros abaixo da superfície, com a intenção de eliminar a interferência do banco de sementes existentes no solo (Latosolo Vermelho). O substrato comercial utilizado no estudo possui em sua formulação composto orgânico, casca de pinus, areia para substrato e vermiculita

Todos os tratamentos foram feitos com cinco repetições cada, exceto o T6 por conta da escassez de substrato comercial. Cada repetição foi representada por um vaso, desta forma, a pesquisa foi composta por 28 vasos distribuídos espacialmente em cinco blocos ao acaso (Figura 4) com uma muda de *Canafistula* cada.

Figura 4 – Distribuição espacial dos tratamentos



Fonte: Autor (2021). Em vermelho, vasos onde houve falta de substrato comercial.

No decorrer do experimento foram retiradas plantas daninhas (Figura 5a) que se desenvolveram, afim de manter o vaso limpo e eliminar a concorrência por espaço com as raízes da muda no substrato em questão, durante o período quente do verão as regas ocorriam diariamente ao fim do dia.

No período frio durante o inverno as regas tornaram-se menos frequentes, por conta de que a umidade no local se mantinha elevada em virtude do clima. Para amenizar danos causados pelas fortes geadas, foi montada estrutura utilizando de cano de PVC e lona plástica (Figura 5b) para cobertura das mudas. Tal estrutura era fechada durante o período da tarde e aberta na manhã seguinte, para que a possível formação de gelo não danificasse o experimento deteriorando as mudas ou causando a sua morte.

Figura 5 – Cuidados adotados com as mudas



Fonte: Autor (2020).

4.5 Parâmetros Fitomorfológicos das Mudanças

Ao fim da primeira semana após o transplante das mudas de Canafístula, foram aferidas as medidas de altura da parte aérea (Ht), diâmetro do coleto (Dc) e número de folhas (NF) dos indivíduos, assim tendo parâmetros para analisar o desempenho das diferentes composições do substrato no decorrer do experimento. Deste modo, o acompanhamento do experimento foi feito no período de março a novembro do ano de 2020, ao passo de 15 dias totalizando 16 aferições. Ao final do experimento, foram quantificadas a massa seca de raiz (MSR), massa seca de parte aérea (MSPA) e calculado o índice de qualidade de Dickson (IQD).

Para a coleta das medidas de Ht, utilizou-se de uma régua de metal de 60 centímetros da marca Tajima (Figura 6a) e a aferição do Dc foi feita com o auxílio de paquímetro digital da marca Vonder (Figura 6b) em duplicata para aquisição da média para cada indivíduo.

Figura 6 – Aferição de diâmetro do coleto



Fonte: Autor (2020).

Para quantificar MSR e MSPA ao final do período do experimento, a muda foi cortada na altura do coleto (Figura 7a), a raiz foi lavada com água corrente para retirar o máximo de resíduos de substrato possível (Figura 7b), e foi seca em estufa a 65°C por um período de 72 horas, posteriormente realizou-se a pesagem obtendo-se a MSR e MSPA, necessária para calcular o IQD por meio da equação 6 (DICKSON; LEAF; HOSNER, 1960).

$$IQD = \frac{MST}{\frac{Ht}{Dc} + \frac{MSPA}{MSR}} \quad (6)$$

Em que:

MST = Massa seca total (g);

Ht = altura (cm);

Dc = diâmetro do coleto (mm);

MSPA = Massa seca parte aérea (g);

MSR = Massa seca raiz (g).

Figura 7 – Procedimento para obtenção de MSR e MSPA



Fonte: Autor (2020).

4.6 Análise dos dados

Os dados obtidos nas aferições dos parâmetros físico-químicos do processo da compostagem foram tabulados em planilhas para confecção de gráficos, os quais foram confeccionados levando em consideração os dados coletados em relação ao tempo do experimento de compostagem.

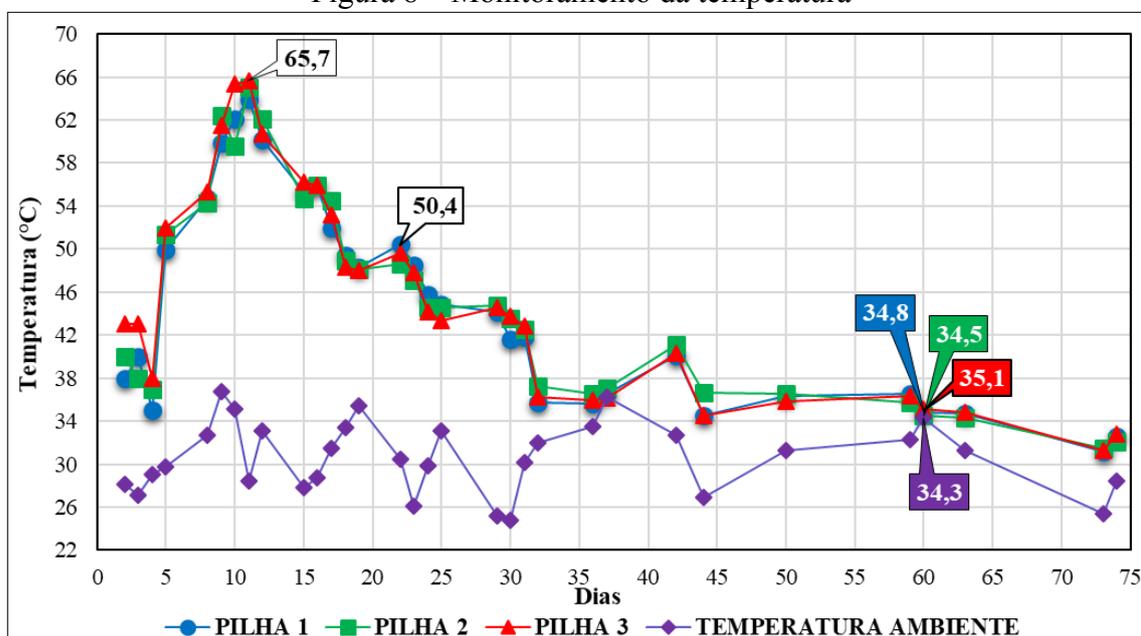
Os parâmetros fitomorfológicos foram analisados utilizando o delineamento de blocos ao acaso com repetições, e com o auxílio do *software* RStudio a variância foi verificada por meio da Anova, sendo posteriormente aplicado o teste de Tukey para comparação das médias ao nível de significância de 5 %.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Análises Físico-Químicas da Compostagem

No decorrer do experimento, a temperatura foi acompanhada pelo período de 75 dias, tempo este em que a temperatura das pilhas se equiparou com a temperatura ambiente conforme descrito por Conceição (2012), caracterizando o composto como maturado. Observou-se que as temperaturas permaneceram entre 35 a 45 °C (Figura 8) nos cinco dias iniciais.

Figura 8 – Monitoramento da temperatura



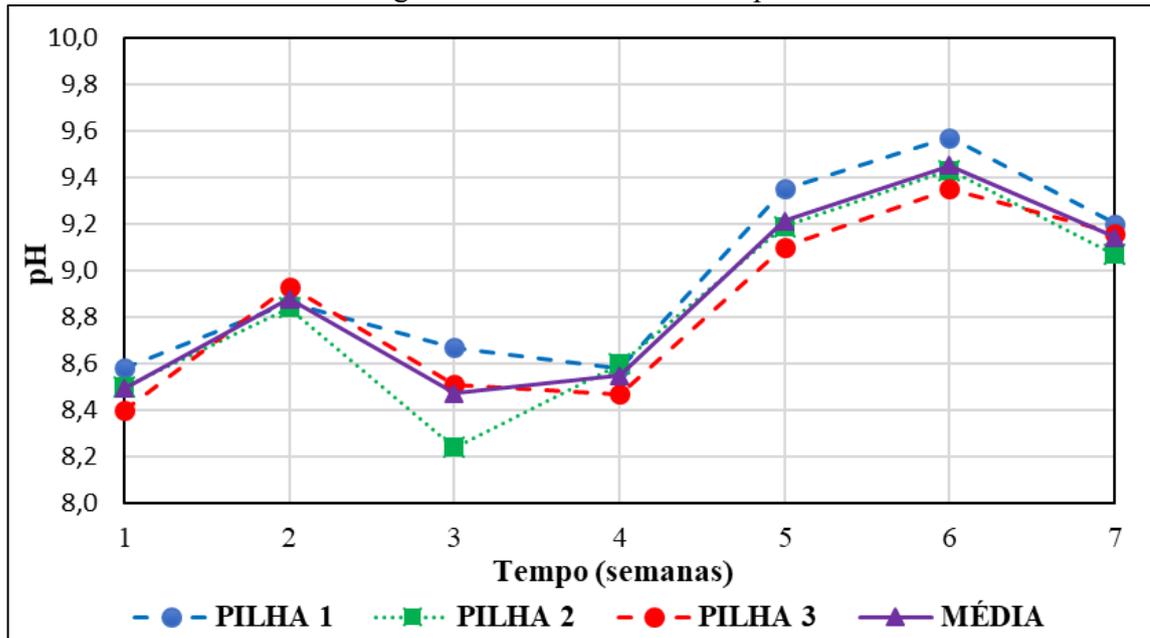
Fonte: Autor (2021).

A medida em que os revolvimentos e o controle de umidade ocorreram, a temperatura se elevou até atingir pico de 65,7 °C, caracterizando este momento como a fase termofílica em que a temperatura variou entre 45 e 65 °C como define Pereira Neto (2007). Esta elevação de temperatura permaneceu por 19 dias, devida grande atividade metabólica dos microrganismos que estão presentes no meio para degradação da matéria orgânica (CONCEIÇÃO, 2012). Nesta fase ocorre a eliminação de grande parte dos microrganismos patogênicos.

Após o pico inicial, a temperatura reduziu mantendo-se abaixo dos 45 °C caracterizando o início da fase mesofílica. Onde a temperatura reduziu até atingir 34 °C caracterizando a fase de maturação do composto, equiparando-se a temperatura ambiente. Por fim, após 60 dias diz-se que o composto está maturado (CONCEIÇÃO, 2012).

Para o parâmetro de pH nas três repetições (Figura 9), os valores médios da compostagem iniciaram em 8,49 na primeira semana, atingindo pico de 9,45 na sexta semana, e finalizando com valor médio de 9,14. Os valores mantiveram-se dentro da faixa de valores indicados, finalizando o processo de maturação com pH acima de 7,8 (PEREIRA NETO, 2007). Estando em acordo com o estabelecido pela IN 61/2020 do MAPA.

Figura 9 – Monitoramento de pH



Fonte: Autor (2021).

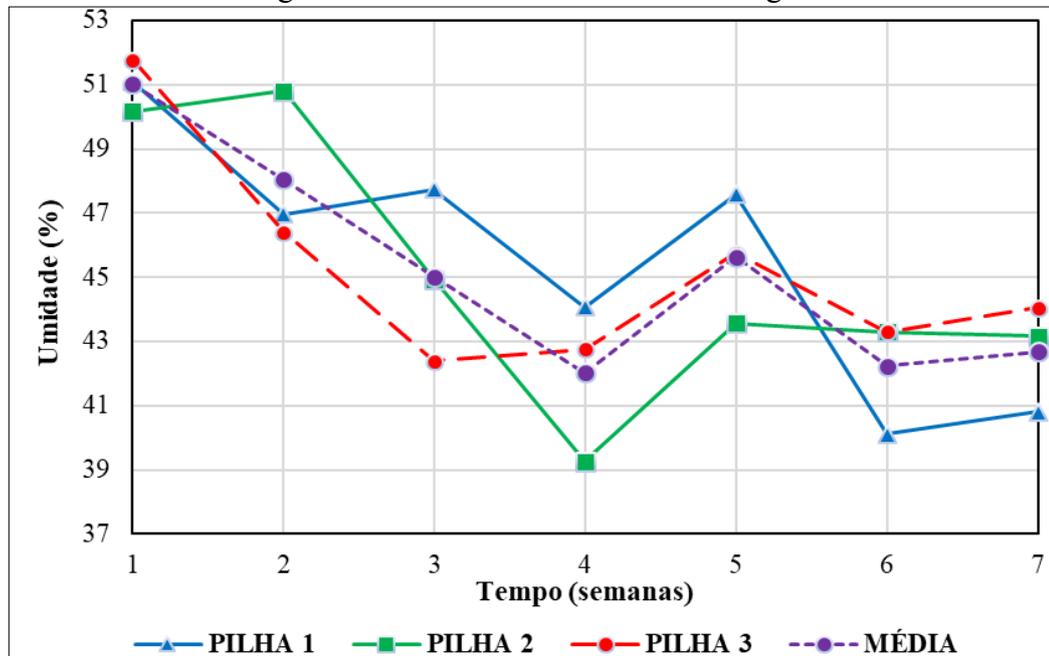
Por se tratar de um material alcalino desde o início de sua fase de degradação, o meio favoreceu o desenvolvimento dos microrganismos atuantes no processo (CERRI et al., 2008). Moura (2018), obteve valores similares observando o comportamento do pH na compostagem de resíduos sólidos de restaurante associado a poda urbana, a qual observou elevação de valores de pH ácidos para um pH final de 9,2, corroborando com este estudo.

O teor de água foi um parâmetro que se manteve estável na faixa de 40 a 50 % (Figura 10), em primeira análise obteve-se valores médios de 51,02 % entre as três repetições. Como não houve nenhuma precipitação expressiva ao decorrer do experimento, a umidade foi controlada pelas regas a cada reviramento da pilha. Deste modo, a umidade oscilou com valor máximo de 51,78 % e mínimo de 39,25 %, chegando a última semana com médias de 42,68 %.

Com o teor de água entre a faixa ideal (40 a 60 %), não ocorre a percolação de líquidos resultantes do excesso de água (PEREIRA NETO, 2007). Além disso, conforme descrito por Lima (2004), a umidade estando entre a faixa supracitada, faz com que os espaços vazios entre

as partículas não fiquem preenchidos com água, auxiliando no bom desenvolvimento de microrganismos aeróbios essenciais para a degradação da matéria orgânica.

Figura 10 – Monitoramento do teor de água



Fonte: Autor (2021).

Os dados dos parâmetros SV, SF e COT, foram considerados a partir da segunda semana, sendo desconsiderados os dados da primeira análise devido a erro de amostragem.

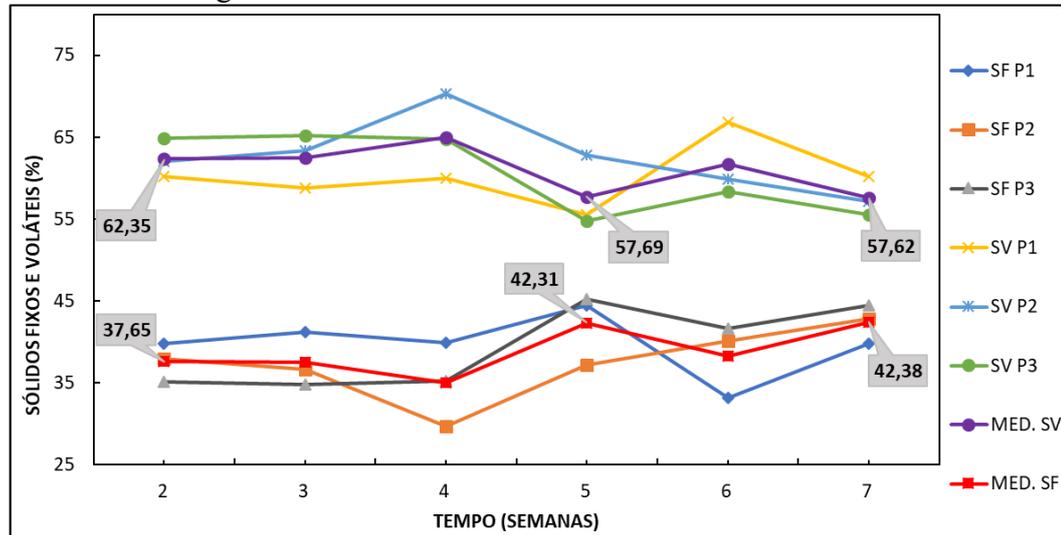
Quanto aos valores de SV (Figura 11), a média para as três repetições foi de 62,35 % na segunda semana, mantendo-se constante até a quinta semana quando houve uma leve redução de 5,66 % encerrando o experimento com valor médio de 57,62 %. Portanto, houve redução de aproximadamente 6 % dos SV iniciais, indicando que houve pouca degradação do resíduo, tendo em vista que à medida que os SV reduzem, o percentual dos SF aumenta inversamente ao decorrer do tempo.

O ideal segundo Pereira Neto (2007), é que os valores de SV iniciais estejam próximos a 80 %, e que ao decorrer do processo ocorra a redução de 40 % do valor inicial. Nota-se que os valores iniciais não atenderam a percentagem supracitada, observou-se ainda que não houve a redução de SV esperada, sendo que os valores mantiveram constância ao decorrer do tempo com redução de apenas aproximadamente 6 % do percentual inicial (Figura 11).

Este fator pode indicar que a relação C/N inicial estimada não foi adequada, o que pode indicar que um dos resíduos utilizados no processo de compostagem estaria em estado de degradação antes mesmo da montagem do experimento. Assim como observado por Kock

(2019) em estudo que teve como objetivo realizar a compostagem de resíduos de cama de aviário na produção de erva-mate, onde a redução de SV não ocorreu da forma esperada, mesmo assim é importante realizar a compostagem destes materiais conforme salienta a autora.

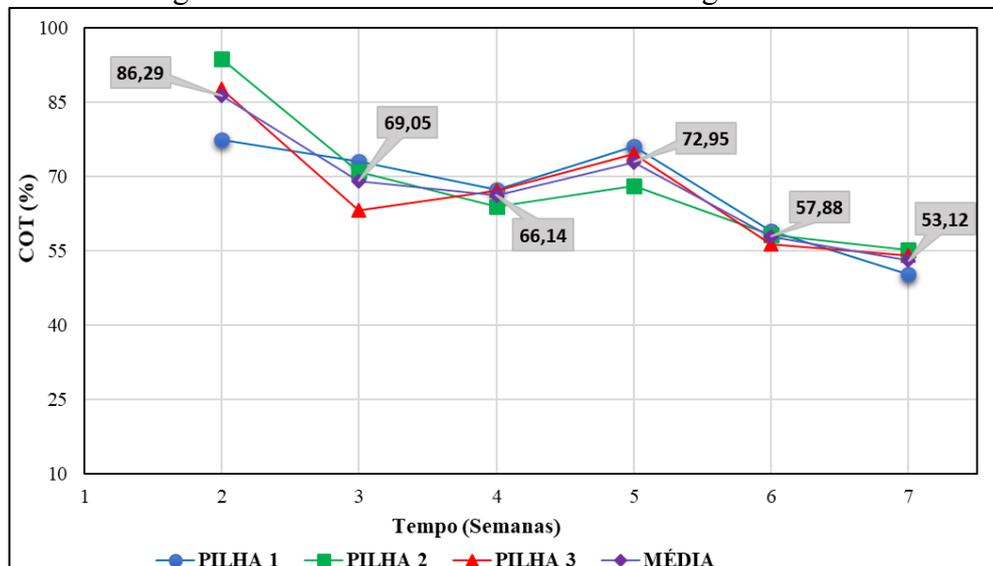
Figura 11 – Monitoramento de sólidos fixos e voláteis



Fonte: Autor (2021). Onde: SFP1-Sólidos fixos pilha 1; SFP2-Sólidos fixos pilha 2; SFP3- Sólidos fixos pilha 3; SVP1-Sólidos voláteis pilha 1; SVP2-Sólidos voláteis pilha 2; SVP3-Sólidos pilha 3; MED.SV-Média sólidos voláteis; MED.SF-Média sólidos fixos

O parâmetro COT (Figura 12) apresentou reduziu a partir da segunda semana, tendo como valor médio 86,29 %, decrescendo ao decorrer do tempo chegando a última análise acima do valor mínimo determinado pela IN 61/2020 MAPA que é 15 %, apresentando valor médio final de 53,12 % neste estudo.

Figura 12 – Monitoramento de Carbono Orgânico Total



Fonte: Autor (2021).

Tal redução de COT, também foi observada por Bittencourt (2015), em estudo similar onde foi realizada a compostagem de dejetos da bovinocultura de leite intensiva, em que os valores observados ficaram próximos a 53 % e após o período de 60 dias de compostagem, estando de acordo com os resultados obtidos neste estudo.

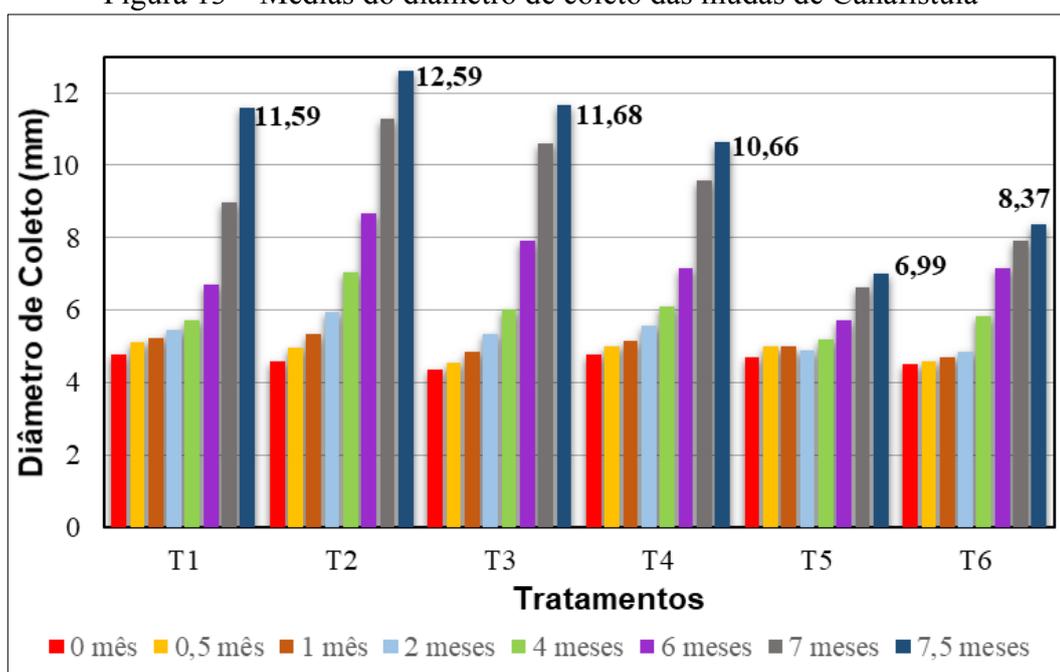
Desta forma de acordo com a IN 61/2020 do MAPA, o composto resultante é definido como um fertilizante orgânico misto de Classe A, pois é constituído de matéria-prima de origem animal e vegetal, sem conter metais pesados e elementos potencialmente tóxicos na formulação.

5.2 Análise Fitomorfológica das Mudanças

Durante a condução do experimento houve 100 % de sobrevivência das mudas. O que pode indicar que a formulação dos diferentes substratos não interferiu de forma negativa, a causar a morte da planta.

O Dc das mudas variou ao passo em que os dados eram coletados, onde as médias das repetições de cada tratamento para Dc (Figura 13) na última aferição em ordem decrescente foi em T2 (12,59 mm), T3 (11,68 mm), T1 (11,59 mm) e T4 (10,66 mm). Os substratos sem composto orgânico resultaram nos menores valores, sendo T6 (8,37 mm) e T5 (6,99 mm).

Figura 13 – Médias do diâmetro de coleto das mudas de Canafistula



Fonte: Autor (2021). Onde: T1 – 100 % Composto Orgânico; T2 – 75 % Composto Orgânico e 25 % Solo; T3 – 50 % Composto Orgânico e 50 % Solo; T4 – 25 % Composto Orgânico e 75 % Solo; T5 – 100 % Solo; e T6 – 100 % Substrato Comercial. As médias contidas no gráfico são referentes a média das cinco repetições de cada tratamento em cada análise.

Os dados obtidos, denotam que a presença do composto orgânico resultou no incremento do parâmetro Dc. Rodrigues et al. (2016) observaram em seu estudo sobre qualidade de mudas de *Moringa oleifera* utilizando substrato com fibra de coco verde e compostos orgânicos, que os melhores desenvolvimentos para Dc ocorreu nos tratamentos que continham maior proporção de composto orgânico.

A presença do composto orgânico teve interferência positiva para Dc nas mudas de canafístula. Assim como Cruz et al. (2016), observou ao avaliar o efeito da aplicação de doses de macronutrientes no desenvolvimento da canafístula, em que a aplicação de micronutrientes triplicou valores de Dc nas mudas cultivadas em comparação ao substrato não fertilizado.

O teste de Anova (Apêndice B), identificou a variância entre as médias de Dc (p-valor<0,05). O teste de Tukey (Tabela 1) constatou que as médias diferem estatisticamente.

Tabela 1 – Médias de Diâmetros de Coleta de mudas de Canafístula.

Tratamentos	Diâmetro de Coleta (mm)
T2	7,36 a*
T3	6,68 ab
T4	6,54 ab
T1	6,35 b
T6	5,96 bc
T5	5,38 c
Média Geral	6,41
Desvio Padrão	2,07
CV (%)	32,25

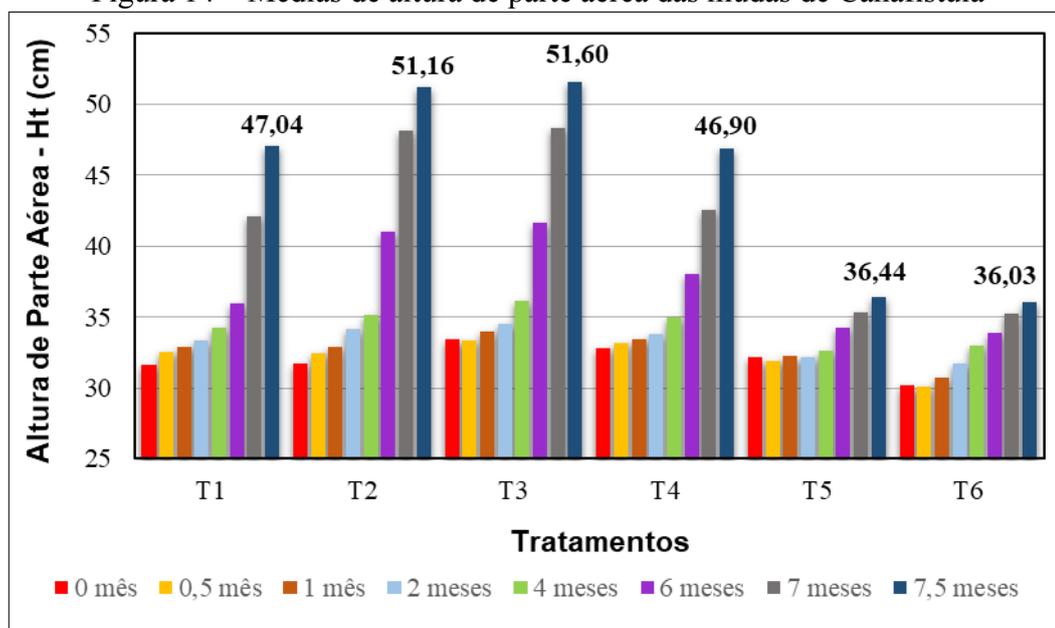
Onde: T1 – 100 % Composto Orgânico; T2 – 75 % Composto Orgânico e 25 % Solo; T3 – 50 % Composto Orgânico e 50 % Solo; T4 – 25 % Composto Orgânico e 75 % Solo; T5 – 100 % Solo; e T6 – 100 % Substrato Comercial. *Letras iguais indicam médias sem diferença estatística ao nível de 5 % no teste de Tukey.

Tornando válida a hipótese de que o composto orgânico produzido teve interferência positiva no desenvolvimento da Canafístula. As médias no teste de Tukey evidenciam que o melhor desenvolvimento de Dc foi em T2, seguido de T3, T4, T1, T6 e T5 respectivamente. Silva Júnior et al. (2018) observou valores superiores para Dc no cultivo de duas variedades de meloeiro quando utilizado esterco bovino em comparação a utilização de substrato comercial.

Sendo os menores valores observados em T5 e T6 com ausência de composto orgânico. Da mesma forma como observado por MUSSI et al. (2013), o qual observou em experimento com variações de substrato composto com esterco bovino e camas de aviário, que os tratamentos que continham de 20 a 40 % de fontes orgânicas obtiveram melhores desenvolvimentos ao se comparar aos substratos que continham apenas solo, areia ou fertilizante químico.

O parâmetro Ht se intensificou a partir do segundo mês de experimento (Figura 14), atingindo altura máxima média para T3 (51,60 cm), seguido por T2 (51,16 cm), T1 (47,04 cm), T4 (46,90 cm), T5 (36,44 cm) e T6 (36,03 cm) com coeficiente de variação de 16,58 %, sendo as menores médias verificadas nos tratamentos ausência de composto orgânico.

Figura 14 – Médias de altura de parte aérea das mudas de Canafístula



Fonte: Autor (2021). Onde: T1 – 100 % Composto Orgânico; T2 – 75 % Composto Orgânico e 25 % Solo; T3 – 50 % Composto Orgânico e 50 % Solo; T4 – 25 % Composto Orgânico e 75 % Solo; T5 – 100 % Solo; e T6 – 100 % Substrato Comercial. As médias contidas no gráfico são referentes a média das cinco repetições de cada tratamento em cada análise.

O parâmetro Ht, apresentou diferença significativa para a Anova (Apêndice C) entre os tratamentos (p -valor $<0,05$), quando aplicados ao teste de Tukey, as médias apresentam diferença estatística com confiança ao nível de 5 %, apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Médias de Altura de Parte Aérea de mudas de Canafístula.

Tratamentos	Ht (cm)
T3	37,91 a*
T2	37,09 ab
T4	36,04 ab
T1	35,23 b
T5	33,15 c
T6	32,58 c
Média Geral	35,53
Desvio Padrão	5,89
CV (%)	16,58

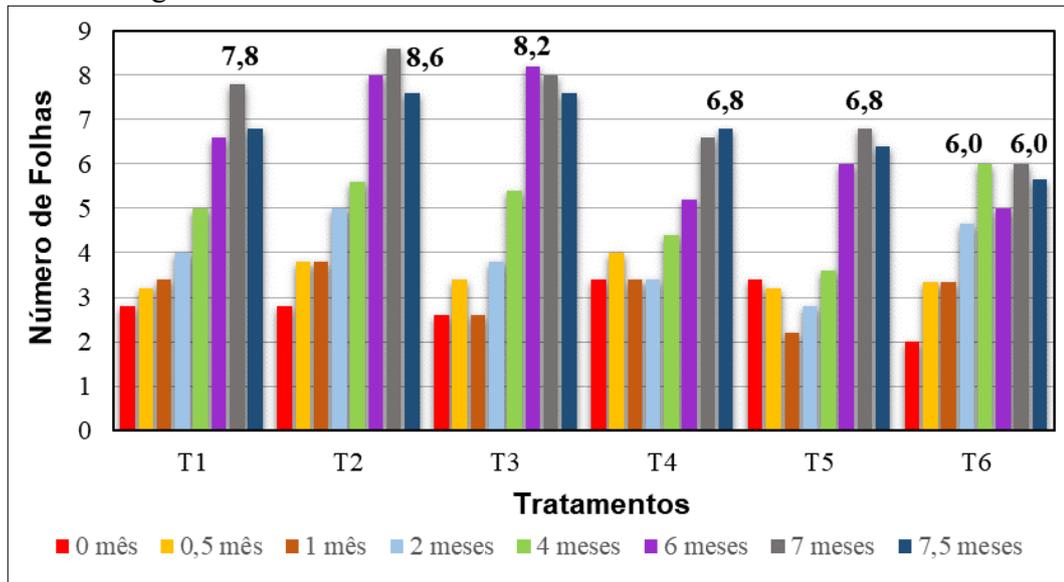
Onde: T1 – 100 % Composto Orgânico; T2 – 75 % Composto Orgânico e 25 % Solo; T3 – 50 % Composto Orgânico e 50 % Solo; T4 – 25 % Composto Orgânico e 75 % Solo; T5 – 100 % Solo; e T6 – 100 % Substrato Comercial. *Letras iguais indicam médias sem diferença estatística ao nível de 5 % no teste de Tukey.

Foram identificados os melhores desenvolvimentos para Ht nos tratamentos que receberam o composto orgânico, sendo melhor em T3 (Figura 14). Como observado por Gonçalves (2007) na avaliação do efeito de macronutrientes sobre o crescimento de angico vermelho e sansão do campo, onde o autor aponta que maiores adições de nutrientes provocaram maiores efeitos significativos para o crescimento das mudas.

As médias indicam melhor desenvolvimento nos tratamentos o composto orgânico foi utilizado, sendo maior em T3, seguido de T2, T4, T1 respectivamente quando comparados a T5 e T6. Assim como foi observado por Chiarelto e Monzani (2015), ao avaliar compostos orgânicos de lodo de estação de tratamento de esgoto e resíduos de restaurante na produção de mudas de pau-jacaré e angico-vermelho, em que valores para altura foram superiores quando comparados ao substrato comercial. Corroborando também com resultados de Cruz et al. (2016), que observou médias superiores ao adicionar dosagens de macronutrientes em comparação ao tratamento controle.

O número de folhas para os tratamentos teve aumento durante o decorrer das análises, sendo que as maiores médias foram apresentadas em T2, T3 e T1 respectivamente (Figura 15), desta forma houve variação conforme Anova (Apêndice D) e as médias diferem no teste de Tukey (Apêndice E) com significância de 5 %.

Figura 15 – Média de número de folha das mudas de Canafístula



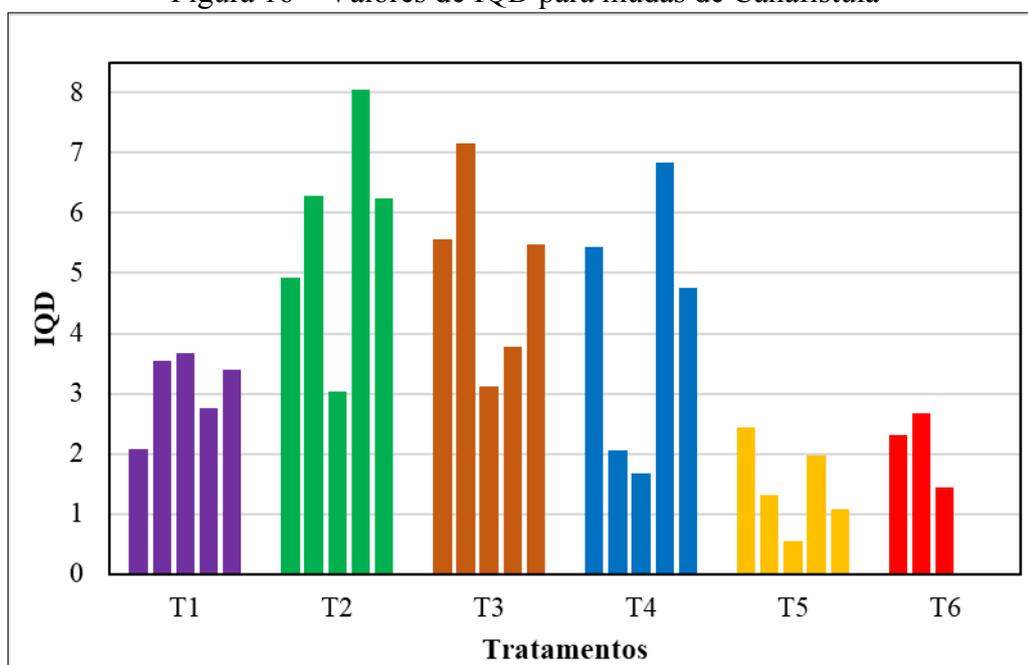
Fonte: Autor (2021). Fonte: Autor (2021). Onde: T1 – 100 % Composto Orgânico; T2 – 75 % Composto Orgânico e 25 % Solo; T3 – 50 % Composto Orgânico e 50 % Solo; T4 – 25 % Composto Orgânico e 75 % Solo; T5 – 100 % Solo; e T6 – 100 % Substrato Comercial. As médias contidas no gráfico são referentes a média das cinco repetições de cada tratamento em cada análise.

O número de folhas em todos os tratamentos sofreu grande variação ao decorrer das análises. Apresentou coeficiente de variação de 41,73 %. Sendo que este parâmetro está suscetível a diversos fatores externos tais como a ocorrência de chuvas torrenciais, ação dos ventos, bem como a presença de pragas como formigas e lagartas.

Deste modo, o composto orgânico de esterco bovino mostrou efeito positivo para incremento de diâmetro de coleto, altura de parte aérea e número de folhas das mudas. Em acordo com o apontado por Scheer, Carneiro e Santos (2010), que utilizou lodo de esgoto compostado na produção de angico-gurucaia durante sete meses, os substratos que continham lodo dispensaram a fertilização mineral, tendo índices de superiores de crescimento para altura, diâmetro e de biomassa seca quando comparado ao substrato comercial.

Avaliando o IQD percebe-se o aumento da qualidade das mudas quando utilizado composto orgânico. Sendo que T5 e T6 apresentaram os menores valores para IQD, indicando novamente que a interferência do composto orgânico possivelmente melhora a qualidade das mudas. Os maiores valores foram obtidos em T2, T3, T4 e T1 respectivamente, todos contendo composto orgânico em sua formulação (Figura 16).

Figura 16 – Valores de IQD para mudas de Canafistula



Fonte: Autor (2021). Onde: T1 – 100 % Composto Orgânico; T2 – 75 % Composto Orgânico e 25 % Solo; T3 – 50 % Composto Orgânico e 50 % Solo; T4 – 25 % Composto Orgânico e 75 % Solo; T5 – 100 % Solo; e T6 – 100 % Substrato Comercial. Acima estão os valores de IQD para os tratamentos e suas repetições, onde T6, apresenta apenas três repetições.

Oliveira Júnior, Cairo e Novaes (2011), observaram em estudo que a utilização de mistura de esterco bovino, pó de casca de coco e vermiculita na produção de Eucaliptos resultou

em IQD's elevados, a melhor composição recomendada pelo autor, foi a relação de 70 % esterco bovino e 30 % pó de casca de coco. Corroborando com o presente estudo, em que a melhor qualidade das mudas foi observada em T2, sendo que todos os tratamentos que continham composto orgânico obtiveram melhor qualidade nas mudas produzidas.

Ao realizar a comparação das médias por meio do teste de Tukey (Tabela 3), foi possível afirmar que as médias diferem estatisticamente ao nível de significância de 5 %, evidenciando a melhor composição para qualidade das mudas, sendo esta T2.

Tabela 3 – Médias do Índice de Qualidade de Dickson da Canafístula.

Tratamentos	IQD
T2	5,71 a*
T3	5,02 ab
T4	4,15 abc
T1	3,09 abc
T6	2,14 bc
T5	1,47 c
Média Geral	3,70
Desvio Padrão	2,04
CV (%)	55,18

Onde: T1 – 100 % Composto Orgânico; T2 – 75 % Composto Orgânico e 25 % Solo; T3 – 50 % Composto Orgânico e 50 % Solo; T4 – 25 % Composto Orgânico e 75 % Solo; T5 – 100 % Solo; e T6 – 100 % Substrato Comercial. *Letras iguais indicam médias sem diferença estatística ao nível de 5 % no teste de Tukey.

Deste modo, o estudo mostra melhor qualidade das mudas em T2, sendo T3 também de qualidade alta, consideradas de média qualidade T4 e T1, sendo consideradas de baixa qualidade as mudas cultivadas sem a presença de composto orgânico em T5 e T6. O elevado IQD para os substratos que continham composto orgânico, pode ser explicado devido ao aumento da porosidade no substrato, o que favorece o crescimento das raízes.

O melhor desenvolvimento das mudas de Canafístula para variáveis Dc, Ht e IQD pode ser relacionado a maior concentração de fósforo (GONÇALVES, 2007). Nos substratos utilizados com composto orgânico a concentração de fósforo foi decrescente sendo T1, T2, T3, T4, T5 respectivamente (Apêndice F), indicando que o composto de esterco bovino incrementa o elemento ao substrato conforme análise química feita em laboratório particular.

Muito se deve ao fato de que o composto possivelmente melhora os aspectos físicos do solo, melhorando a porosidade e a drenagem da água. Essa característica é fundamental especialmente para solos argilosos como é o caso do Latossolo usado neste estudo. Como observado por Scheer, Carneiro e Santos (2010) que ao utilizar lodo de esgoto, notaram melhorias nas propriedades físicas do substrato, melhorando sua porosidade.

Seguindo método de interpretação das análises de solo de Sobral et al. (2015), os teores de fósforo crítico encontrados nas amostras (Apêndice F), caracterizam os substratos incorporados com esterco com características de tendência arenosa, tornando o substrato menos suscetível a retenção hídrica, enquanto T5 apresentou característica argilosa. Desta forma o composto orgânico dá características ao substrato de boa aeração e drenagem, facilitando o controle de umidade como recomendado Lorenzi (2008) e Martins (2013).

O uso de esterco de origem animal proporciona melhora as condições físicas de macroporosidade do solo. Trazzi et al. (2012) avaliou química e fisicamente substratos formulados com esterco bovino, cama de frango e esterco de codorna, e concluiu que além de melhorar as capacidades físicas, a adição dos esterco incrementou proporcionalmente os nutrientes disponíveis, elevando capacidade de troca de cátions (CTC), soma de bases e saturação de bases do substrato.

Quanto a CTC efetiva, esta indica o quantitativo de cargas negativas ocupadas por cátions trocáveis (potássio, sódio, cálcio, magnésio e alumínio trocáveis), sendo que solos com maior presença de matéria orgânica tendem a possuir CTC elevada (PREZOTTI e GUARÇONI M., 2013). Assim, neste estudo para CTC efetiva, de acordo com Sobral et al. (2015) os valores ficam definidos como baixo em T5 e alto para os demais substratos sendo que os maiores estão relacionados a proporção de composto orgânico na formulação do substrato, sendo T2, T3 e T4 respectivamente (Apêndice F).

Para os valores de saturação por bases (V%), notou-se que a adição do composto de esterco bovino faz com que este valor se eleve, sendo considerada alta para T2, T3 e T4 e baixa para T5 conforme Sobral et al. (2015). Prezotti e Guarçoni M., (2013) menciona que a faixa entre 50 a 80 % para V% seja adequada para grande parte dos tipos de culturas. Sendo utilizada a calagem para correção do percentual quando necessário, assim, o composto orgânico deste estudo se aplicado ao solo pode dispensar a aplicação de calagem para correção de V%.

A aplicação do composto de esterco bovino proporcionou tanto a planta quanto ao substrato em que for incorporado, a capacidade de melhorar as condições físicas, químicas e biológicas (GOMES, 2001), proporcionando características que favoreçam o desenvolvimento das mudas, proporcionando significativo aumento de ganhos em Dc, Ht, e biomassa seca (IQD), melhorando a qualidade das mudas produzidas.

6 CONCLUSÃO

A utilização da compostagem para tratamento final dos resíduos de esterco bovino associados a poda urbana triturada resultou em composto final maturado e com condições de ser utilizado na produção de mudas de Canafístula (*Peltophorum dubium*), podendo aplicado como condicionador de solo.

A presença do composto orgânico de esterco bovino se mostrou positiva para a produção de mudas em todas as proporções avaliadas, sendo superior estatisticamente em comparação ao substrato comercial para os parâmetros fitomorfológicos e com índice de qualidade de Dickson superiores as formulações isentas de composto orgânico.

As mudas apresentaram bom desenvolvimento em T1 (100 % composto orgânico), porém não se recomenda sua utilização devida sua característica física, apresentando drenagem elevada dificultando o controle de umidade no substrato.

Desta forma, recomenda-se a utilização de T2 na produção de mudas com proporção de 75 % composto orgânico e 25 % solo a qual apresentou melhor qualidade das mudas produzidas. Sendo recomendada também T3, por apresentar valores satisfatórios para a produção de mudas em uma proporção de 50 % composto orgânico e 50 % solo, sendo interessante economicamente para produção de mudas em maior escala considerando a redução de volume de composto orgânico necessário.

Deste modo, o produto da compostagem de esterco bovino com poda urbana triturada se mostra melhor em comparação a utilização de substrato comercial na produção das mudas de Canafístula, podendo ser utilizado na produção de mudas em viveiros substituindo a aquisição de substrato comercial. Sendo sustentável do ponto de vista ambiental, transformando o esterco bovino e a poda urbana que anteriormente eram passivos ambientais, em ativos ambientais, dando destinação final adequada e atenuando seus efeitos danosos ao ambiente.

REFERÊNCIAS

BITTENCOURT, G. A.; **Sistema de estabilização de dejetos e cama de bovinos de leite por compostagem**. Pelotas, RS. Universidade Federal de Pelotas, 2015.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n. 481, de 03 de outubro de 2017**. Estabelece critérios e procedimentos para garantir o controle e a qualidade ambiental do processo de compostagem de resíduos orgânicos, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 09 out. 2017.

BRASIL, **Instrução Normativa nº 11 de dezembro de 2014**. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Brasília, DF, 2014.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010**. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Brasília, DF, 2010. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/ccivil03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>> Acesso em: 02 ago. 2019.

BRASIL. **Norma Brasileira nº 10.004 de 31 de maio de 2004**. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, RJ, 2004.

CARMO, D. L. do; SILVA, C.; Métodos de quantificação de carbono e matéria orgânica em resíduos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 4, p. 1211-1220, ago. 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832012000400015>> Acesso em: 29 set. 2019.

CARVALHO, P. E. R.; **Circular Técnica nº64, Canafístula: Taxonomia**. EMBRAPA, Colombo (PR), 15p. Nov de 2002. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/306466/1/CT0064.pdf>> Acesso em: 12 abr. 2021.

CERRI, C. E. P. et al. **Compostagem**. Apostila da disciplina de matéria orgânica do solo. ESALQ, Piracicaba, SP, 2008. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Compostagem_000fhc8nfqz02wyiv80efhb2adn37yaw.pdf> Acesso em: 18 out. 2019.

CHIARELOTTO, M. **Redução do tempo de compostagem de resíduos agroindustriais: efeito nos parâmetros de controle e na qualidade do composto final**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, PR, 2018.

CHIARELOTTO, M.; MONZANI, V. F.; **Eficiência de compostos de resíduos orgânicos no crescimento de espécies arbóreas**. Francisco Beltrão, PR. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015.

CHIARELOTTO, M.; BOTTIN, W. C.; SPICKER, C. E.; DUARTE, S. S.; CHIARELOTTO, M.; BORTOLI, M. M.; Composting of household organic waste: effect on control parameters and final compound quality. **Revista Agro@mbiente On-Line**, v. 12, n. 4, p. 272-287, 2018. Universidade Federal de Roraima. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v12i4.5126>> Acesso em: 07 de mar. 2021.

CONCEIÇÃO, P. S. da. **Avaliação da tratabilidade da cama de frango por processos aeróbios de compostagem visando sua reutilização**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa, MG, 2012.

CRUZ, C. A. F., e; PAIVA, H. N. de; CUNHA, A. C. M. C. M da; NEVES, J. C. L.; Produção de mudas de canafistula cultivadas em latossolo vermelho amarelo álico em resposta a macronutrientes. **CERNE**, [SI], v. 18, n. 1, pág. 87-98, abr. 2016. ISSN 2317-6342. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s0104-77602012000100011>> Acesso em 21 mai. 2021.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle**, v. 36, n. 1, p. 10–13, mar. 1960. Disponível em: <<http://pubs.cif-ifc.org/doi/10.5558/tfc36010-1>> Acesso em: 27 set. 2019.

FERNANDES, F.; SILVA, S. M. C. P. da. **Manual prático para compostagem de biossólidos**. Londrina: Universidade Estadual de Londrina, 1999.

FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D. da. **Formação de povoamentos florestais**. Embrapa florestas, Colombo, PR, 2008. (110p.). ISBN 978-85-89281-20-1.

GOLDIN, A. Reassessing the use of loss-on-ignition for estimating organic matter content in noncalcareous soils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 18, n. 10, p. 1111–1116, 11 out. 1987. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/00103628709367886>> Acesso em: 16 out. 2019.

GOMES, R. C.; FEIJÓ, G. L. D.; CHIARI, L. Evolução e qualidade da pecuária brasileira. Nota técnica. **Embrapa gado de corte**, Campo Grande, (4p.) 24 mar. 2017.

GOMES, L. P. et al. Avaliação ambiental de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos precedidos ou não por unidades de compostagem,. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, n 3, p. 449-462, Rio de Janeiro, jul./set. 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522015020000120751>> Acesso em: 20 out. 2019.

GONÇALVES, E. de O. **Efeito de macronutrientes sobre o crescimento e a nutrição mineral de mudas de Angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) e Sansão-do-campo (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.)**. 2007. 167p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa, 2007.

GUERRA, S. **Resíduos Sólidos**. Rio de Janeiro: Forense, 2012.

KOKC, M. L.; **Uso de substrato compostado de cama de aviário no desenvolvimento de *Ilex paraguariensis***. Francisco Beltrão, PR Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019.

LAZIER, H. **Erva-mate: riqueza do Paraná tradicional**. Coleção cadernos do Paraná, Francisco Beltrão: Assesoar, ed. 1, nº 2, 26p. Francisco Beltrão, PR, 1993.

LIMA, L. M. Q. **Lixo: tratamento e biorremediação**. Hemus - 3 ed. rev. ampl. 2004. (268p.). ISBN: 85-289-0149-1.

LORENZI, H.; **Árvores Brasileiras: Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**, vol. 1, 5ª Ed. Nova Odessa (SP): Instituto Plantarum, 2008. (384p.) ISBN 85-86714-31-3.

MARTINS, S. V. **Recuperação de áreas degradadas: como recuperar áreas de preservação permanente, voçorocas, taludes rodoviários e áreas de mineração**. 3ª ed. Viçosa, MG. Aprenda fácil, 2013. (264p.). ISBN 978-85-62032-90-5.

MEIRA, A. M. de; **Gestão de resíduos da arborização urbana**. Piracicaba, 2010. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP), 178p. 2010. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11150/tde-19042010-103157/publico/Ana_Maria_de_Meira.pdf> Acesso em: 18 mai. 2021.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO - MAPA (Brasil). Instrução Normativa nº 61, de 08 de julho de 2020. Estabelece as regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados à agricultura. Diário Oficial da União de 15 de julho de 2020, Ed. 134, Seção 1, p. 5. Brasília, DF.

MOTTA, I. de S.; NUNES, W. A. G. de A.; Compostagem. **Tecnologias para a agricultura familiar**. EMBRAPA Agropecuária Oeste. Dourados, MS, p. 85-88, 2014. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/115424/1/p.-85-89.pdf>> Acesso em: 08 mar. 2021.

MOURA, J. **Desempenho de composteira domiciliar confeccionada a partir de materiais reutilizados**. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2018.

MUSSI, N. S.; CARVALHO, M. de O.; SILVA, M. M.; CAMPOS, A. N. da R.; CUNHA, A. C. M. C. M., da. **Substratos orgânicos na produção de mudas de Canafístula**. Cadernos de Agroecologia: VIII Congresso Brasileiro de Agroecologia, Porto Alegre (RS), v. 8, n. 2, (5 p.) 2013. ISSN 2236-7934. Disponível em: <<http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/cad/article/view/14209/9672>> Acesso em: 25 abr. 2021.

NITSCHKE, P. R. et al. **Atlas climático do estado do Paraná**. Londrina (PR): Instituto agrônomo do Paraná (IAPAR), 2019. *E-book* (210 p.). ISBN 978-85-88184-58-3. Disponível em: <http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/AtlasClimaticoPR.pdf> Acesso em: 27 set. 2019.

NUNES, M. U. C. **Circular técnica nº 59, Compostagem de Resíduos para produção de adubo orgânico na pequena propriedade**. EMBRAPA. Aracaju (SE), p. 1-7. 2009. Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2010/ct_59.pdf> Acesso em: 27 set. 2019.

OLIVEIRA JÚNIOR, O. A. de; CAIRO, P. A. R.; NOVAES, A. B. de; Características morfofisiológicas associadas à qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla* produzidas em diferentes substratos. **Rev. Árvore**, Viçosa (MG) v. 35, v. 6, p. 1173-1180, dez. 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622011000700003&lng=en&nrm=iso> Acesso em 28 abr. 2021. ISSN 0100-6762.

<https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000700003>

OLIVEIRA, Y. M. M. de; ROTTA, E.; Área de distribuição natural de Erva-Mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.). **Seminário sobre atualidades e perspectivas florestais - silvicultura da erva-mate**, 10. 1983. Anais. Curitiba: Embrapa-CNPq. p. 17-36., 1985.

OLSZENSWSKI, F. T.; **Avaliação do ciclo de vida da produção de leite em sistema semiextensivo e intensivo: estudo aplicado**. 2011, 198p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, Florianópolis, 2011.

PARANÁ, Fábio P. Mezzadri; **Prognóstico: Pecuária de leite - 15 de janeiro 2020**. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento. **Departamento de Economia Rural – Deral**, [s. l.], p. 1-7, 15 jan. 2020. Disponível em: <<http://www.agricultura.pr.gov.br/Pagina/Leite-47>> Acesso em: 06 mar. 2021.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de compostagem: processo de baixo custo** – ed. rev. e aum.- Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007. (81p.). ISBN 978-85-7269-317-2.

PREZOTTI, L. C.; GUARÇONI M., A.; Guia de interpretação de análise de solo e foliar. **Incaper**: Vitória – ES 104p. 2013. ISBN 978-85-89274-21-0. Disponível em: <<https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/40/1/Guia-interpretacao-analise-solo.pdf>> Acesso em: 21 mai. 2021.

ROCHA, D. T. da.; CARVALHO, G. R.; RESENDE, J. C. **Circular Técnica nº 123, Cadeia produtiva do leite no Brasil: produção primária.**, Juiz de Fora, MG: EMBRAPA, (16p.) ago. 2020. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/215880/1/CT-123.pdf>> Acesso em: 31 mar. 2021. ISSN 1678-037X.

ROCHA, A. J. F.; SOUZA, R. L. P. de; REDA, A. L. de L.; SILVA, G. T. da. Destinação sustentável do resíduo da poda de árvores urbanas. **XV Safety, Health and Environment World Congress** Porto, Portugal p.137-141, jul. 2015. Disponível em: <<https://copec.eu/congresses/shewc2015/proc/works/30.pdf>> Acesso em: 22 jun. 2021.

RODRIGUES, Luciana Aparecida; MUNIZ, Tiago Araujo; SAMARÃO, Solange Silva; CYRINO, André Erse. Qualidade de mudas de *Moringa oleifera* Lam. cultivadas em substratos com fibra de coco verde e compostos orgânicos. **Revista Ceres**, [S.L.], v. 63, n. 4, p. 545-552, ago. 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x201663040016>. Acesso em: 06 jun. 2021.

SBIZZARO, M. **Vermicompostagem a partir de dejetos de ovinos e bovinos com palha de cana-de-açúcar**. Londrina, PR, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.

SCHEER, M. B.; CARNEIRO, C.; SANTOS, K. G. dos. Substratos à base de lodo de esgoto compostado na produção de mudas de *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan. **Scientia Forestalis**, Piracicaba (SP), v. 38, n. 88, p. 637-644, dez. 2010. Disponível em: <<https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr88/cap10.pdf>> Acesso em: 26 abr. 2021.

SILVA JÚNIOR, V. E. da; VENDRUSCOLO, E. P.; SEMENSATO, L. R.; CAMPOS, L. F. C.; SELEGUINI, A.; **Esterco bovino como substrato alternativo na produção de mudas**

de melão. Agropecuária Técnica, Areia (PB), v. 39, n. 2, p. 112, 25 out 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.25066/agrotec.v39i2.37234>> Acesso em: 10 jun 2012.

SOBRAL, C. R. do S. **Percepção popular e educação ambiental para gestão integrada de resíduos sólidos.** 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa, MG, 2012.

SOBRAL, L. F.; BARRETO, M. C. de V.; SILVA, A. J. da; ANJOS, J. L. dos; **Documentos: Guia Prático para Interpretação de Resultados de Análises de Solo.** Aracaju (SE): EMBRAPA Tabuleiros Costeiros, Dez 2015. ISSN 1678-1953. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1042994/1/Doc206.pdf>> Acesso em: 27 abr. 2021.

TEIXEIRA, P. C. et al. **Manual de métodos de análise do solo.** Brasília, DF: Embrapa, 2017. (573p.). ISBN 978-85-7035-771-7.

TRAZZI, P. A.; CALDEIRA, M. V. W.; COLOMBI, R.; PERONI, L.; GODINHO, T. de O.; Estercos de origem animal em substratos para a produção de mudas florestais: atributos físicos e químicos. **Scientia Forestalis.** Piracicaba (SP), v. 40, n. 96, p. 455-462, dez 2012. Disponível em: <<https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr96/cap03.pdf>> Acesso em: 10 jun. 2012.

VIOLA, D.; FERREIRA, R. de P.; FERNANDES, E. N.; JUNTOLLI, F. V. **Pecuária de leite no Brasil: Cenários e avanços tecnológicos.** Brasília, DF: EMBRAPA, 2016. (435p.). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/164236/1/Pecuarria-de-leite-no-Brasil.pdf>> Acesso em: 31 mar. 2021. ISBN 978-85-7035-644-4.

WENDLING, I.; GUASTALA, D.; DOMINGOS, D. M. Substratos para Produção de Mudanças de Erva-Mate em Tubetes Plásticos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 52, p. 21-36, jan./jun. 2006.

APÊNDICES

Apêndice A – Cálculo utilizado para relação C/N das pilhas de compostagem

	C (%)	N (%)	C/N	Quantidade (kg)	% relativa	C em Kg	N em Kg	C/N Final
Esterco Bovino	33,34	1,81	18,42	70	35	23,34	1,27	30/1
Poda Triturada	41	1	41	130	65	53,30	1,30	
Total				200	100	76,64	2,57	

Apêndice B – ANOVA para valores de Dc das mudas de Canafístula

	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Estat. F	P-valor
Tratamentos	5	173,7	34,74	10,338	$2,30 \times 10^{-09}$
Blocos	4	94,5	23,63	7,031	$1,74 \times 10^{-05}$
Tratamentos: Blocos	18	229,4	12,75	3,793	$3,85 \times 10^{-07}$
Resíduos	420	1411,5	3,36		

Apêndice C – ANOVA para valores de Ht das mudas de Canafístula

	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Estat. F	P-valor
Tratamentos	5	1548	309,66	16,244	$1,17 \times 10^{-14}$
Blocos	4	360	90,10	4,727	0,000969
Tratamentos: Blocos	18	5602	311,25	16,328	2×10^{-16}
Resíduos	420	8006	19,06		

Apêndice D – ANOVA para valores de Número de Folhas das mudas de Canafístula

	G.L.	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	Estat. F	P-valor
Tratamentos	5	114,0	22,805	7,160	$1,91 \times 10^{-6}$
Blocos	4	94,9	23,717	7,447	$8,40 \times 10^{-6}$
Tratamentos: Blocos	18	308,1	17,119	5,375	$2,48 \times 10^{-11}$
Resíduos	420	1337,7	3,185		

Apêndice E – Médias do Número de Folhas das mudas de Canafístula em diferentes substratos.

Tratamentos	Número de Folhas
T2	5,66 a
T3	5,19 ab
T1	5,00 ab
T6	4,77 abc
T4	4,47 bc
T5	4,15 c
Média Geral	4,88
Desvio Padrão	2,04
CV (%)	41,73

Onde: T1 – 100 % Composto Orgânico; T2 – 75 % Composto Orgânico e 25 % Solo; T3 – 50 % Composto Orgânico e 50 % Solo; T4 – 25 % Composto Orgânico e 75 % Solo; T5 – 100 % Solo; e T6 – 100 % Substrato Comercial. *Letras iguais indicam médias sem diferença estatística ao nível de 5 % no teste de Tukey.

Apêndice F – Análises químicas dos substratos

Parâmetro	Unidade	T1	T2	T3	T4	T5
P	g/Kg	4,80	NA	NA	NA	NA
CTC Efetiva	Cmolc/dm ³	NA*	24,08	17,03	10,18	2,55
Saturação por bases V	%	NA	92,08	85,24	76,20	27,55
P Relativo			1169,35	660,26	358,84	51,63
P			132,86	59,01	24,57	3,43
P Crítico	mg/dm ³	NA	11,36	8,94	6,85	6,64

Onde: T1 – 100 % Composto Orgânico; T2 – 75 % Composto Orgânico e 25 % Solo; T3 – 50 % Composto Orgânico e 50 % Solo; T4 – 25 % Composto Orgânico e 75 % Solo; T5 – 100 % Solo; e T6 – 100 % Substrato Comercial não foi analisado. *NA – dados não avaliados.