

**UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI**  
**Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Ambiente e Sociedade**

**Bruna Avelar Oliveira**

**AVALIAÇÃO DE SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS  
FRUTÍFERAS E OLERÍCOLAS UTILIZANDO FIBRILOSE E LODO DE  
ESGOTO**

**Teófilo Otoni**  
**2017**



**Bruna Avelar Oliveira**

**AVALIAÇÃO DE SUBSTRATOS PARA PRODUÇÃO DE MUDAS  
FRUTÍFERAS E OLERÍCOLAS UTILIZANDO FIBRILOSE E LODO DE  
ESGOTO**

Dissertação apresentada ao PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AMBIENTE E SOCIEDADE – STRICTO SENSU, nível de MESTRADO como parte dos requisitos para obtenção do título de MAGISTER SCIENTIAE EM TECNOLOGIA, AMBIENTE E SOCIEDADE.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Sylvio Vieira da Costa

Coorientadora: Profa. Dra. Alessandra de Paula Carli

**Teófilo Otoni**  
**2017**

Ficha Catalográfica  
Preparada pelo Serviço de Biblioteca/UFVJM  
Bibliotecário responsável: Gilson Rodrigues Horta – CRB6 nº 3104

O482a Oliveira, Bruna Aveal.  
2017 Avaliação de substratos para a produção de mudas frutíferas e olerícolas utilizando fibrilose e lodo de esgoto. / Bruna Aveal Oliveira, Alexandre Sylvio Vieira da Costa, Alessandra de Paula Carli. Teófilo Otoni: UFVJM, 2017.  
105 f. ; il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Ambiente e Sociedade, 2017.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Sylvio Vieira da Costa.  
Coorientador: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Alessandra de Paula Carli.

1. Lodo de esgoto. 2. Fibrilose. 3. Substratos. 4. Agricultura.  
I. Alexandre Sylvio Vieira da Costa. II. Alessandra de Paula Carli.  
III. Título.

**CDD: 629**

BRUNA AVELAR OLIVEIRA

**Avaliação de substratos para a produção de mudas frutíferas e  
olerícolas utilizando fibrilose e lodo de esgoto.**

Dissertação apresentada ao  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
EM TECNOLOGIA, AMBIENTE E  
SOCIEDADE - STRICTO SENSU,  
nível de MESTRADO como parte dos  
requisitos para obtenção do título de  
MAGISTER SCIENTIAE EM  
TECNOLOGIA, AMBIENTE E  
SOCIEDADE

Orientador : Prof. Dr. Alexandre Sylvio  
Vieira Da Costa

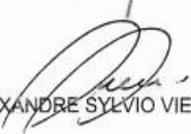
Data da aprovação : 31/03/2017



Prof. Dr. JAIRO LISBOA RODRIGUES - UFVJM

  
Prof. Dr. NATALINO MARTINS GOMES - IFNMG

  
Prof.ª Dr.ª ALESSANDRA DE PAULA CARLI - UFVJM

  
Prof. Dr. ALEXANDRE SYLVIO VIEIRA DA COSTA - UFVJM

TEÓFILO OTONI



## DEDICATÓRIA

A minha madrinha (avó) Bezanira Miranda de Souza (*in memoriam*) por toda dedicação e amor.



## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me dar sabedoria e está comigo em todas as horas de minha vida e aliviar meu fardo sempre que preciso.

Agradeço ao meu Pai e minha mãe pelo amor e por sempre acreditarem em meus sonhos e me apoiarem incondicionalmente, eu dedico a vocês essa minha vitória.

Agradeço a minha família pela torcida e apoio, em especial a minha avó Judite e meu Avô Francolino e meus avos José Francisco de Oliveira (in memoriam) e Bezanira Miranda (in memoriam).

A minha madrinha de estudos Patrícia Oliveira por me apoiar e incentivar no decorrer desses 5 anos de estudos, obrigada por acreditar em meus sonhos e pelas orações.

Agradeço a minhas queridas Ermínia e vó Branca pelas orações e ao Pastor Cristiano, Gomes e Bethânia.

Obrigada ao meu grupo de Oração Filho do Rei pelas orações e por ter sido a ponte em vários momentos, em especial minha amiga Lucinete.

Agradeço ao meu Tio Carlos pelas orações.

Ao Everton meu amigo e anjo do laboratório, obrigada pela força.

A Dona Preta e Seu Antônio por terem me dado abrigo quando eu mais precisei. Agradeço ao primo Thiago e família pela boa vontade de sempre.

Agradeço a UFVJM, PRRPPG. MESTRADO TAS, COLEGIADO, meus colegas do tas em especial a turma 2015/1.

Aos meus colegas do Mestrado Bruno e Dane (meus guardadores) Ana Paula e Victor (obrigada pela dedicação e carinho), Estela Garcia e a Rádio Teófilo Otoni, Carol, Henrique, Alcides, Gracimerio, Lara Colares (por ser um anjo em minha vida), Lucas Martins (meu irmão de todas as horas), Dilceu meu parceiro de estudos e amigo.

A Alessandra minha Orientadora, obrigada pela fidelidade.

Ao Alexandre por me dar apoio incondicional,

Ao professor Jairo por sempre me apoiar nas horas mais difíceis,

Ao professor Fernando Leitão pela amizade e carinho,

Ao professor Antônio Jorge pela fiel torcida.

Aos docentes do Tas, obrigada por tudo.

Aos meus alunos meu eterno obrigada, pela colaboração e amor, foram fatores fundamentais para a concretização desse sonho.

Vitor Dias, Danielly, Anderson, Alany, Marcela, Josiane (minhas formiguinhas), obrigada aos colaboradores Djalma, Ilenilson.

Aos meus parceiros meu obrigada pela confiança, Copasa, Santher e Laboratório Bio Análise de Itaobim. Em especial ao Ph por toda a dedicação no decorrer desses dois anos de pesquisa e ao Eduardo pelo apoio.

Ao meu amigo Farley pela dedicação e carinho, as minhas amigas Yvssa e Ahminne Handeri pelo incentivo.

Aos meus amigos Mariana Silveira, Marcelo Henrique, Daniela e Wilson Frois e Jessica, Marizete, Preta, Antônia, Silene, Aristide, Miguel e Landinha, pelo incentivo.

A Silmar minha amiga e mãezona pelos conselhos e orações, A Cláudia e família pelo carinho e amizade; Ao amiguinho Erick e ao meu primo Cauã

A minha irmã (Breka), Inês obrigada por ter estado comigo nos momentos mais difíceis e pelo carinho amor e compreensão.

Obrigada Sarah e Pairone pela colaboração.

Ivy, Luísa, Thainá, Ane, Maira, e Lucas obrigada pela colaboração.

Antero, Priscila, Iorrana, Vitão, Ericka pela torcida.

Ao seu Mizinho e família, (Thamara) a Vera e família.

A Marilene, minha mãezona, aos meus amigos da Praça da CEMIG, Maricélia e família, Cintia Murta.

Ao professor Natalino pelo carinho e apoio.

Ao meu Orientador da graduação Edilson que mesmo estando distante se fez presente em todos os momentos.

Ao professor Altamir pelas contribuições primordiais para aprimoramento do meu trabalho.

As minhas amigas Patrícia e Lariane (família) pela cumplicidade e ajuda de sempre

Ao meu clube especial, Israel, Paulo, Iolanda, Pacheco, Tasmine e Rafael pela ajuda fundamental para concretização do meu trabalho.

A todos do IFNMG, em especial ao João Motta, André, Marilze, Eliara, Josiel, Alex, professora Patrícia e Luna Cantuária e aos demais que sempre torceram por mim.

A minha prima Bianca e Paulão pelo presente de mestrado e pela torcida.

Janaína Oliveira pela colaboração.

Aruana Barros pela experiência e dedicação durante o primeiro ano do mestrado.

A bolsa do Mestrado que foi crucial para minha inteira dedicação e permanência no curso.

Igreja Bom Jesus e Igreja Imaculada Conceição, Paroquia São Roque, Minha Terra Itaobim e a minha Teófilo Otoni, meu eterno obrigado.

Ao meu Liebelove Alan Batista Dohler por toda dedicação amor e compreensão. Obrigada por esta comigo todas as horas e inclusive virar madrugadas e ir inúmeras vezes em Itaobim para juntos melhorar o meu trabalho. Obrigada por ser minha base nos momentos mais difíceis que eu vivi, obrigada por ser um anjo em minha vida.

Enfim para todos aqueles amigos que contribuíram de forma direta e indireta para concretização desse sonho, meu eterno obrigado.



*Tudo posso naquele que me fortalece!*

Filipenses 4:13



## RESUMO

Um dos principais fatores que favorece o desenvolvimento vegetal é a característica dos substratos utilizados para a produção das mudas, considerando que o desenvolvimento produtivo das plantas está intimamente ligado à sua fase de desenvolvimento inicial. Considerando tais aspectos, este trabalho teve como objetivo avaliar o desenvolvimento fitotécnico de plantas frutíferas e olerícolas, utilizando substratos desenvolvidos de resíduos de fibrilose oriundo de uma fábrica de papel e lodo de esgoto da estação de tratamento de esgoto de Teófilo Otoni- MG. O resíduo de fibrilose foi coletado no pátio de deposição de resíduo da fábrica de papel Santher, localizada em Governador Valadares-MG. O material coletado foi conduzido ao laboratório de água e solos da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, localizado em Teófilo Otoni-MG. O material foi peneirado em peneira de malha de 5 mm para uniformização de suas partículas e mantido sob secagem ambiente durante uma semana. O lodo de esgoto tratado foi obtido da ETE de Teófilo Otoni, coletado no leito de secagem e conduzido ao laboratório sendo autoclavado e peneirado em peneiras de malha 5 mm para padronização de suas partículas. Em seguida foi promovida a mistura do resíduo de fibrilose com o lodo de esgoto nas proporções: T1(4,5:5,5), T2 (5,5:4,5), T3(6,5:3,5) , T4(7,5:2,5) e T5(8,5:1,5) (fibrilose:lodo de esgoto) (Vol: Vol) em litros. Os materiais foram homogeneizados e mantidos em caixas de isopor durante 35 dias, visando à estabilização do composto. Os outros tratamentos utilizados foram: solo orgânico, composto orgânico Fertiliza<sup>®</sup> e substrato Bioplant<sup>®</sup>. Após essa etapa foram utilizadas placas de isopor com células para produção das mudas. Após o preenchimento das células foram semeadas sementes de Mamão (*Carica papaya*); Maracujá (*Passiflora sp.*), Berinjela (*Solanum melongena*), Pimentão (*Capsicum annuum*) e Tomate (*Lycopersicum sp.*). Foram utilizadas 36 células por parcela experimental e o experimento com cinco repetições. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. Após a germinação foi avaliado o índice de sobrevivência das plântulas. Em seguida, realizado um desbaste mantendo-se uma plântula por célula durante 30 dias. Após este período as plantas foram coletadas e avaliados as seguintes variáveis: comprimento da parte aérea, comprimento da raiz, peso seco da raiz e parte aérea. A análise estatística foi realizada utilizando o programa Estatjab da Unesp. As análises químicas dos substratos foram realizadas de acordo com o boletim de recomendação 3051 USEPA. Os resultados apontaram maior índice de sobrevivência do maracujá, comparada com as demais espécies testadas e as análises químicas

apontaram que os substratos produzidos de lodo de esgoto e fibrilose estavam de acordo aos padrões da CONAMA 375/2006 e em concordância com o MAPA, que dispõe sobre normas para o uso de substratos na agricultura. A elevação dos níveis de manganês e potássio provavelmente potencializaram a morte das plântulas de berinjela e maracujá, respectivamente. Em relação ao desenvolvimento das plântulas, verificou-se que o composto fibrilose/lodo de esgoto, nas proporções T3 e T4 (Fibrilose/lodo de esgoto) apresentou resultados positivos e em muitos casos superiores quando comparado ao substrato comercial e demais materiais orgânicos.

Palavras chaves: Lodo de esgoto. Fibrilose. Substrato. Agricultura.

## ABSTRACT

Brazilian agribusiness and family agriculture have a great potential for development considering the country's soil and climate conditions. One of the main factors favoring plant development is the characteristic of the substrates used for the production of seedlings, considering that the productive development of the plants is closely linked to its initial development phase. Considering these aspects, the objective of this work was to evaluate the phytotechnical development of fruit and vegetable plants, using substrates developed from fibrillose residues from the paper and sewage sludge plant of the Teófilo Otoni MG sewage treatment plant. The fibrillose residue was collected in the waste disposal yard of the Santher paper mill, located in Governador Valadares-MG. The collected material was taken to the water and soil laboratory of the Federal University of the Jequitinhonha and Mucuri Valleys, located in Teófilo Otoni, MG. The material was sieved in a 0.5 cm mesh sieve for uniformization of its particles and kept under ambient drying for one week. The treated sewage sludge was obtained from the Teófilo Otoni ETE, collected in the drying bed and taken to the laboratory, being autoclaved and sieved in 0.5 cm mesh sieves to standardize its particles. Then the mixture of the fibrillose residue with the sewage sludge was promoted in the proportions: T1(4,5:5,5), T2 (5,5:4,5), T3(6,5:3,5) , T4(7,5:2,5) e T5(8,5:1,5) (Fibrillose:sewage sludge) (vol: vol). The materials were mixed and kept in styrofoam boxes for 28 days, aiming at the stabilization of the blend. The other treatments used were: organic soil, Fertilize organic<sup>®</sup> compound and Bioplant<sup>®</sup> substrate. After this step styrofoam plates were used with cells to produce the seedlings. After filling the cells for seedling production, seeds of Papaya (*Carica papaya*) were sown; Passion fruit (*Passiflora* sp.), Eggplant (*Solanum melongena*), bell pepper (*Capsicum annuum*) and Tomato (*Lycopersicum* sp). 36 cells were used per experimental plot and the experiment with five replicates. The experimental design was entirely randomized. After germination, one seedling per cell was maintained. The following variables were evaluated: seedling survival index, shoot length, root length, root dry weight and aerial part. Statistical analysis was performed using the Statistical Program of Unesp. The chemical analyzes of the substrates were performed according to UESPA 3051. The results indicated a higher index of survival of the passion fruit compared to the other species tested and the chemical analyzes indicated that the substrates produced from sewage sludge and fibrillose are in agreement with the standards of CONAMA 375/2006 and in agreement with the MAPA, which has Standards for the use of substrates in agriculture. The elevation of manganese and potassium levels potentiated the death of

eggplant and passion fruit seedlings, respectively. In relation to the development of the seedlings, it was verified that the fibrilose / sewage sludge mixture, in the proportions T3 and T4 (Fibrillose / sewage sludge) presented positive results and in many cases higher When compared to the commercial substrate and other organic materials.

Key words: Sewage sludge. Fibrilosis. Substrate. Agriculture.

## LISTAS DE ABREVIACOES SIGLAS E SMBOLOS

Estação de Tratamento de Esgoto	ETE
<b>UASB</b>	Upflow Anaerobic Sludge Blanket
<b>RAFA</b>	Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente
<b>UESPA</b>	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
<b>EMBRAPA</b>	Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária
<b>EUA</b>	Estados Unidos da América
<b>CONAMA</b>	Conselho Nacional do Meio Ambiente
<b>MAPA</b>	Ministério de Agricultura e Pecuária de Abastecimento
<b>PNRS</b>	Política Nacional dos Resíduos Sólidos
<b>IBGE</b>	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>FEAM</b>	Fundação Estadual do Meio Ambiente
<b>N</b>	Nitrogênio
<b>Ca</b>	Cálcio
<b>Mg</b>	Magnésio
<b>K</b>	Potássio
<b>Cd</b>	Cádmio
<b>Cr</b>	Cromo
<b>Ni</b>	Níquel
<b>Pb</b>	Chumbo
<b>UFV</b>	Universidade Federal de Viçosa
<b>CNPAB</b>	Central Nacional de Agrobiologia
<b>UNESP</b>	Universidade Estadual Paulista
<b>EPI</b>	Equipamento Individual de Proteção
<b>P.U</b>	Peso mido
<b>P.S</b>	Peso seco
<b>L.E</b>	Lodo de Esgoto
<b>F</b>	Fibrilose
<b>CEDAERJ</b>	Companhia Estadual de águas e Esgotos do Rio de Janeiro
<b>ICP/MS</b>	Espectrômetro de massas com plasma indutivamente acoplado
<b>mL</b>	Mililitros
<b>G</b>	Gramas
<b>S</b>	Enxofre
<b>Fe</b>	Ferro
<b>Zn</b>	Zinco
<b>Mn</b>	Manganês
<b>HPJ</b>	Hoffmann Pons e Janer
<b>mg/kg</b>	Miligramas por Quilogramas
<b>UNESP</b>	Universidade Estadual Paulista
<b>Sp</b>	Espécie não identificada
<b>ETE´s</b>	Estaces de tratamento de esgoto

<b>Kg/há</b>	Quilograma por hectare
<b>%</b>	por cento
<b>+</b>	Mais
<b>X</b>	Vezes
<b>g/kg</b>	Gramas por quilo
<b>Sd</b>	Sem data
<b>m<sup>3</sup></b>	Metros cúbicos
<b>G</b>	Gramas
<b>:</b>	Por
<b>g/dm<sup>3</sup></b>	Gramas por decímetros cúbicos
<b>t/há</b>	Toneladas por hectare
<b>m<sup>2</sup></b>	Metros quadrados
<b>Cm</b>	Centímetros
<b>Mm</b>	Milímetros
<b>mL</b>	Mililitros
<b>C°</b>	Graus
<b>mg/kg</b>	Miligramas por quilo
<b>n°</b>	Número
<b>Arsênio</b>	As
<b>Cromo</b>	Cr
<b>Mercúrio</b>	Hg
<b>Molibdênio</b>	Mo
<b>Selênio</b>	Se
<b>Bário</b>	Ba
<b>Carbono</b>	C/N
<b>Nitrogênio</b>	
<b>L</b>	Litros
<b>Kg</b>	Quilo
<b>g/cm<sup>3</sup></b>	Gramas por centímetro cúbico
<b>T1,T2,T3...</b>	Tratamento
<b>MG</b>	Minas Gerais
<b>RJ</b>	Rio de Janeiro

---

## LISTAS DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Mapa que representa o índice de esgotamento sanitário municipal do estado de Minas Gerais, com ênfase o município de Teófilo Otoni. ....	30
<b>Figura 2</b> - Espectrômetro de massas com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS), UFVJM, Campus Mucuri. ....	39
<b>Figura 3</b> - (a) Processamento da fibrilose . (b) Processamento da lodo de esgoto. ....	40
<b>Figura 4</b> - Preparo das amostras para leitura no ICP/MS, UFVJM, Campus Mucuri. ....	40
<b>Figura 5</b> - Dispõe sobre as variações de temperaturas dos compostos até a estabilização. ....	45
<b>Figura 6</b> - Curva padrão do processo de compostagem. ....	47
<b>Figura 7</b> - Concentração dos principais metais (mg/kg) presentes no lodo e fibrilose em comparação com a resolução CONAMA 375/2006. ....	50
<b>Figura 8</b> - Concentração de Alumínio presentes nos substratos estudados. ....	51
<b>Figura 9</b> - Concentração de Cobre presentes nos substratos estudados. ....	52
<b>Figura 10</b> - Concentração de Cálcio presentes nos substratos estudados. ....	53
<b>Figura 11</b> - Concentração de Chumbo presentes nos substratos estudados. ....	54
<b>Figura 12</b> - Concentração de Manganês presentes nos substratos estudados. ....	55
<b>Figura 13</b> - Concentração de Potássio presentes nos substratos estudados. ....	56
<b>Figura 14</b> - Índice de sobrevivência das espécies. ....	61
<b>Figura 15</b> - Comprimento da parte aérea das espécies, em centímetros, cultivadas em diferentes substratos orgânicos. ....	63
<b>Figura 16</b> - Comprimento das raízes das plântulas, em centímetros, cultivadas em diferentes substratos orgânicos. ....	67
<b>Figura 17</b> - Folhas definitivas, em centímetros, cultivadas em diferentes substratos orgânicos. ....	69
<b>Figura 18</b> - Peso seco da parte aérea, em gramas, das espécies cultivadas em diferentes substratos orgânicos. ....	71
<b>Figura 19</b> - Peso seco das raízes, em gramas, das plântulas cultivadas em diferentes substratos orgânicos. ....	73



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Descrição das diversas formas de destinação final do lodo no Brasil (2000-2001). .....	28
<b>Tabela 2</b> - Comparação de preços quanto à disposição final do lodo de esgoto.....	28
<b>Tabela 3</b> - Caracterização dos tratamentos estudados.....	43
<b>Tabela 4</b> - Concentração máxima de metais pesados do lodo de esgoto no Brasil, EUA e Europa utilizados na agricultura e as concentrações de lodo e fibrilose. ....	48
<b>Tabela 5</b> - Descrição dos demais elementos (As, Cd, Zn, Co) nos substratos estudados. ....	56
<b>Tabela 6</b> - Principais parasitas presentes no lodo de esgoto. ....	57
<b>Tabela 7</b> - Temperatura sugerida para eliminação dos parasitas. ....	59
<b>Tabela 8</b> - Características parasitológicas do Lodo de Esgoto da cidade de Teófilo Otoni – MG. .....	60
<b>Tabela 9</b> - Correlação de metais com índice de Sobrevivência. ....	62



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>23</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>25</b>
2.1 Objetivo Geral .....	25
2.2 Objetivos Específicos .....	25
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>27</b>
3.1 A utilização do lodo de esgoto .....	27
3.2 Aspectos legais do lodo .....	29
3.3 Lodo de esgoto e a agricultura.....	31
3.4 O uso de resíduos das Indústrias de Papel e Celulose .....	33
3.5 Os Subprodutos .....	34
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>37</b>
4.1 Coleta das amostras de lodo de esgoto e fibrilose .....	37
4.2 Processamento da fibrilose .....	37
4.3 Processamento do lodo de esgoto da ETE.....	37
4.4 Mistura dos compostos .....	38
4.5 Preparação do inoculante.....	38
4.6 Análise Química I.....	39
4.7 Monitoramento das temperaturas dos compostos.....	41
4.8 Análise química II.....	41
4.9 Preparo dos substratos para teste em espécies.....	41
4.10 Construção do mini viveiro .....	42
<b>5 RESULTADOS.....</b>	<b>45</b>
5.1 Características físicas .....	45
5.2 Características químicas .....	48
5.3 Concentrações de metais nos substratos.....	51
5.4 Características biológicas .....	57
5.5 Análises Fitotécnicas .....	61
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>75</b>
<b>7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>77</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>87</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>104</b>



# 1 INTRODUÇÃO

Os resíduos sempre estiveram presentes na vida do ser humano, pois a história do homem tem relação direta com o aumento dos problemas advindos do seu mau gerenciamento à medida que a espécie evoluía. Na idade média os resíduos sanitários acumulavam-se nas ruas e imediações das cidades contribuindo para o surgimento de doenças, inclusive a proliferação de endemias causando a morte de milhões de pessoas (BRANCO 1983 apud FADINI E FADINI 2001).

A Revolução Industrial contribui para o agravamento dos problemas relacionados aos resíduos potencializando o consumismo. As pessoas adquiriam bens muito além do que realmente necessitavam, sendo que os hábitos, cultura e poder econômico da população têm relação direta com a taxa de produção de resíduos (FADINI E FADINI, 2001).

No Brasil o crescimento populacional e o avanço tecnológico contribuíram para o aumento dos problemas ambientais, dentre eles a poluição. Para amenizar determinados problemas como os esgotos gerados pela população, tornou-se necessário a criação das estações de tratamento de esgotos (ETEs). Apesar de ser um processo altamente eficiente na eliminação de matéria orgânica e patogêna, tratar o esgoto gera subprodutos tais como: o lodo, espuma, gases, dentre outros. Por conta disto, torna-se importante o investimento em pesquisas direcionadas ao reaproveitamento desses resíduos (SANTOS, 2012).

O Brasil é marcado pelo baixo investimento em saneamento, porém no decorrer dos últimos anos essa realidade foi se transformando verificando-se um aumento na implantação das estações de tratamento de esgoto, um ganho para as populações considerando a melhoria na qualidade de vida e do meio ambiente. Contudo, apesar da melhoria, surgiu um grande problema associado à geração do lodo de esgoto, advindo do processo de tratamento. A disposição final desse resíduo tem representatividade significativa nos custos de operação da ETE (SILVA, 2007).

A preocupação com o descarte do lodo de esgoto é recente no Brasil. O lodo é disposto em forma de tortas em aterros sanitários e no estado líquido bombeado em dutos para descarte em alto mar nas cidades litorâneas, os projetos direcionados as Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) apresentavam foco no processo de tratamento. Os subprodutos gerados dentre eles o lodo, não eram considerados em relação à forma de destinação final (GODOY 2013 apud NUVOLARI et al., 2011).

Os sistemas de tratamento de esgoto mais utilizados são os de reatores tipo Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB). O reator UASB é reconhecido no Brasil como Reator Anaeróbico de Fluxo Ascente (RAFA), que possui custo acessível quanto à implantação do sistema gerando lodo de forma semelhante aos demais sistemas de tratamento (SILVA, 2007).

Pedroso (2012) salienta que é importante investir em novas fontes de tecnologias limpas, considerando que o aproveitamento dos subprodutos gerados na ETE promove ganhos tanto ambiental quanto para a saúde do homem. Dentre as diversas possibilidades de reaproveitamento do lodo de esgoto verifica-se a extração de subprodutos oleosos do lodo para a produção de biodiesel, conforme descrito por Mondala et al. (2009), Siddiquee et al. (2011), Choi (2014), Olkiewicz et al. (2015), Oliveira (2012). Diversas linhas de pesquisa estão atualmente voltadas para o aproveitamento dos subprodutos da ETE para recuperação de áreas degradadas, utilização na construção civil com ênfase na fabricação de tijolos, telhas e também no uso na agricultura, desde que os parâmetros estejam de acordo à legislação.

O setor de fabricação de papel e celulose vem crescendo no Brasil, no decorrer dos anos com inúmeras empresas surgindo e ocupando o mercado. O Brasil segundo Departamento de Pesquisas e Estudos Econômicos (DEPEC) do Bradesco (2016) é o maior produtor mundial de celulose de fibra curta de eucalipto, comparado à fibra longa por pinus. Isto ocorre devido às condições climáticas do país, sendo que a produção de pinus tem destaque em países com o clima mais frio.

No Brasil os Estados do Paraná e Santa Catarina em 2014, possuíam maior área plantada por pinus enquanto Minas Gerais, São Paulo, Mato grosso do Sul e Bahia destacaram-se pelo plantio de Eucalipto (IBÁ, 2014 apud DEPEC, 2016).

Segundo DEPEC (2016) para a fabricação do papel, a celulose passa por um processo químico de branqueamento a base de soda cáustica, cloro e enxofre. O processo de fabricação de papel e celulose é extenso, levando-se em consideração os processos de entrada e saída desde a coleta da matéria prima nas florestas ao processamento final para produção de papel, dentre outros produtos. Dentro dessa cadeia de produção ocorre a geração de inúmeros resíduos, sendo necessário o desenvolvimento de tecnologias para amenização dos impactos ocasionados durante o processo de produção.

A fábrica de papel Santher, unidade de Governador Valadares, produz cerca de 300 toneladas úmidas de resíduo por mês, sendo o equivalente a 3.600 toneladas de resíduo úmido ao ano, além de outros resíduos oriundos do processo produtivo. Dentre os resíduos, destaca-se a fibrilose (fibra curta) da celulose oriunda do reprocessamento das aparas advindas de outras empresas.

O presente trabalho teve como objetivo a avaliação de dois resíduos, sendo estes a fibrilose (fibra curta da celulose) e o lodo seco advindo da estação de Tratamento de esgoto (ETE) da cidade de Teófilo Otoni- MG, no desenvolvimento de um novo substrato para produção de mudas de plantas.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar o desenvolvimento fitotécnico de plântulas frutíferas e olerícolas utilizando substratos desenvolvidos de resíduos de fibrilose e lodo de esgoto em comparação com outros produtos comerciais.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Propor uma metodologia de uso de fibrilose com lodo de esgoto urbano;
- Avaliar as características químicas do lodo de esgoto e fibrilose;
- Monitorar o processo de decomposição dos substratos produzidos.
- Avaliar as características químicas do substrato após o período de estabilização;
- Identificar os efeitos da concentração dos elementos minerais dos substratos na sobrevivência das plântulas;
- Comparar o desempenho do substrato a base de lodo de esgoto e fibrilose, com substratos comerciais e um composto orgânico;



### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 A utilização do lodo de esgoto

O lodo de esgoto é rico em macro e micronutrientes como o nitrogênio, fósforo, enxofre, cálcio, magnésio, potássio, boro, cobalto, cobre, ferro, manganês, molibdênio e zinco, dentre outros. Devido à composição química deste composto orgânico, inúmeras pesquisas foram desenvolvidas voltadas para a utilização do mesmo na agricultura. Porém para que se possa fazer o uso deste material, a resolução CONAMA 375/2006 deve ser considerada, uma vez que define os critérios necessários para a utilização de lodo na agricultura no Brasil.

Existem diversos estudos objetivando o aproveitamento do lodo de esgoto na forma de biodiesel e uso agrícola, sendo puro ou misturado. Dentre as outras possibilidades, tem-se o uso como substrato, sendo testado em trabalhos anteriores por Gomes et al. (2012), Freitas et al. (2010), Scheer et al. (2010), Rocha et al. (2013).

Ressalta-se que processo de higienização do lodo de esgoto é necessário, visto que apresenta uma carga patogênica significativa. Pode-se realizar a sua esterilização por meio de vários processos, tais como: compostagem, solarização, a adição de cal, autoclave, dentre outros.

O processo de tratamento do esgoto, gera uma quantidade significativa de lodo no leito de secagem nas Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs). Godoy (2013) apud Mazivieiro (2011), afirmam que os resíduos da ETE representam de 1% a 2% do volume total do esgoto tratado, sendo que o gerenciamento é complexo e necessita de elevados investimentos.

De acordo com Godoy (2013) apud Von Sperling (2011), os gastos equivalentes ao processamento e a disposição final do lodo podem representar até 80% do custo total do tratamento. Godoy (2013) ressalta ainda que a disposição final do lodo geralmente é feita em aterros sanitários, sendo que já existem estudos que avaliam a aplicação do lodo com potencial para insumo agrícola, fertilizante e o uso na construção civil. O mesmo destaca que há o desafio da integralização do lodo no ciclo produtivo, visto que devem ser analisados os fatores econômicos e de viabilidade.

Silva et al. (2002) também fazem menção ao lodo tratado (biosólido), que se acumula nas estações de tratamento de esgoto, ocupando espaço e de custo elevado devido ao armazenamento do material e a operação das estações. Os mesmos enfatizam também quanto

ao período de chuvas, sendo que o material acumulado (lodo) pode ser lixiviado causando danos ao meio ambiente.

Santos et al. (2007) apud Araújo (1995) também ressaltam que com a expansão das cidades e do setor industrial, ocorreu um aumento na geração do lodo de esgoto oriundo de resíduo urbano e resíduo industrial. Os autores indicam como solução viável o investimento que consiste na utilização desses resíduos no solo como fertilizante para as plantas.

A disposição do lodo de esgoto é realizada de várias formas, sendo que a mesma tem custo elevado. A Tabela 1 apresenta a relação da disposição de lodo bem como os gastos com a disposição (Tabela 2).

**Tabela 1** - Descrição das diversas formas de destinação final do lodo no Brasil (2000-2001).

Destino final	Quantidade informada (*) (toneladas/ano)	Quantidade informada (%)
Aterro sanitário	138.418	44,9
Agricultura	17.333	5,6
Indefinido	152,882	49,5
Brasil	308.633	–

(\*) lodo úmido Fonte: MACHADO (2001) apud SILVA (2007) Adaptação

**Tabela 2** - Comparação de preços quanto à disposição final do lodo de esgoto.

Formas de disposição final	Custo (US\$/T)
Oceanos	12 a 50
Aterros Sanitários	20 a 60
Incineração	55 a 250
Reciclagem Agrícola	20 a 125

Fonte: ANDREOLI et al. (2006) Apud SILVA (2007) Adaptação

Portanto, a partir desse panorama de disposição e custo final do lodo de esgoto, tornam-se necessários investimentos em desenvolvimento tecnológico que aprimorem o processo de reutilização dos resíduos oriundos das ETEs, visando reinserir este material no ciclo produtivo.

### **3.2 Aspectos legais do lodo**

Existem vários critérios para a utilização do lodo, sendo que há uma variação dos mesmos entre os países. Os Estados Unidos da América (EUA), por exemplo, tem o órgão responsável que define os critérios para utilização do lodo na agricultura, a UESPA (Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos). A legislação Federal brasileira incentiva o uso racional do lodo na agricultura, mas é cautelosa quanto à preservação da saúde humana e do meio ambiente contra qualquer contaminação relativa à presença de poluentes nesses resíduos. O código Federal norteador das regulamentações foi finalizado em 1993. (EMBRAPA, 2006).

Andreoli et al (2001), citam alguns países que já dispõem da sua própria legislação para uso do lodo. Nos Estados Unidos, o seu órgão regulamentador a USEPA, adotou critérios próprios e classificou o lodo de esgoto em duas categorias. O lodo de classe A, refere-se ao lodo já otimizado por algum processo de higienização, e o lodo de Classe B, produzido por meio de processos convencionais de estabilização, com restrições quanto ao uso agrícola. Já os critérios adotados por alguns países africanos, classificou o lodo de esgoto em quatro classes, sendo que, quando classificados nas classes C e D, podem ser utilizados de modo irrestrito na agricultura pois passaram por processo de higienização.

Andreoli et al. (2001), afirmam que a reciclagem do lodo na agricultura é um processo de grande importância, sendo o destino de disposição final de alguns países. Apesar disto, essa alternativa deve ser vista de forma criteriosa em termos sanitários, pois deve-se seguir as exigências de descarte e uso de acordo com a legislação vigente de cada país.

Já no Brasil, segundo a Embrapa (2006), a Câmara Técnica de Saúde Saneamento Ambiental e Gestão de Resíduos, pertencente ao Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), no ano de 2003, formou um grupo de trabalho composto por diferentes setores, visando à elaboração de uma resolução que regulamentasse o uso do lodo de esgoto no país, atendendo a uma solicitação da Embrapa. O estudo foi concluído em 2005 e encaminhado para aprovação da resolução CONAMA que foi sancionado ano de 2006.

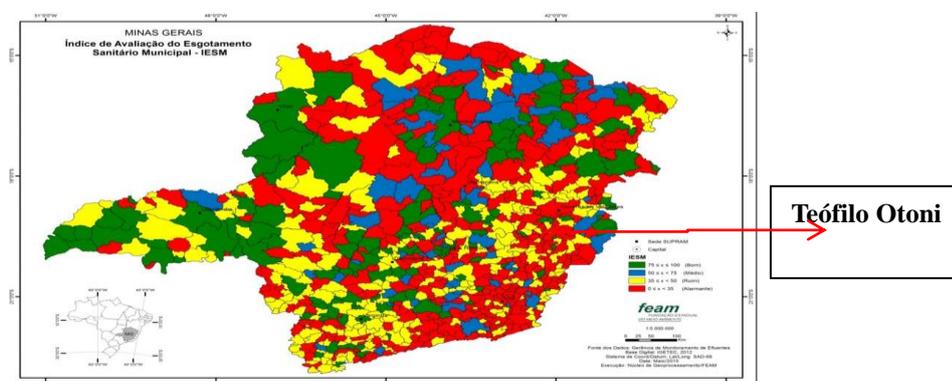
Cabe ressaltar ainda que de acordo a Embrapa (2006), antes da aprovação da regulamentação do uso do lodo, alguns estados já adotavam seus próprios critérios de utilização desses resíduos, tais como São Paulo e Paraná. O MAPA (Ministério de Agricultura e Pecuária de Abastecimento) também apresentou propostas durante a discussão de normatização, uma vez que envolveu a adição de nutrientes e matéria orgânica ao solo, considerando que são exigidas algumas regras quanto aos benéficos e a presença de contaminantes e metais pesados.

Com a publicação da resolução CONAMA n° 375/2006, tornou-se possível o melhor gerenciamento do lodo de esgoto, visto que esta resolução estabelece critérios para utilização do mesmo na agricultura e dos outros fins, bem como os parâmetros permitidos para reinserção desse resíduo no ciclo produtivo.

Devem-se destacar outras legislações existentes, tais como a Lei da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), número 12.305 de 2010, que dispõe sobre as diversas classes de resíduos, dentre eles os resíduos perigosos. A Lei 6.894 de 1980, que dispõe sobre a fiscalização, inspeção e produção no comércio de fertilizantes incluindo os corretivos, biofertilizantes, remineradoras e substratos para plantas destinados a agricultura.

O Estado de Minas Gerais possui, segundo IBGE (2010), 853 municípios e de acordo com a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) (2015), apenas 44% da população urbana tem acesso ao tratamento de esgoto. O município de Teófilo Otoni-MG, pertence ao grupo dos municípios com população urbana entre 50 e 150 mil habitantes que está como classe verde, com mais de 75% da população atendida com o tratamento de esgoto, conforme

**Figura 1** - Mapa que representa o índice de esgotamento sanitário municipal do estado de Minas Gerais, com ênfase o município de Teófilo Otoni.



### 3.3 Lodo de esgoto e a agricultura

O aumento da população contribuiu para agravamento dos problemas relacionados à geração de resíduos, pois com o crescimento acelerado teve-se um aumento significativo na geração de esgoto, principalmente em cidades que concentram a maior parte dos habitantes do país como São Paulo. (GODOY, 2013). Vários trabalhos abordam a utilização de subprodutos das ETEs, dentre eles o lodo e o seu uso na agricultura sendo de suma importância o desenvolvimento de pesquisas que aprimorem tal processo.

Santos et al. (2007) avaliaram o reaproveitamento das águas residuárias das ETEs para irrigação e cultivo de algumas espécies da caatinga. As espécies testadas foram *Anadenanthera macrocarpa* (benth.) Brenan (Angico-preto) e o *Handroanthus sp.* (Ipê-roxo). Após 105 dias foi realizada a análise comparativa das espécies irrigadas com água convencional e água residuárias. Os resultados indicaram que as mudas de Ipê-roxo, tratadas com água residuárias apresentaram melhor desenvolvimento, quando comparadas as mudas tratadas com água de abastecimento. Em relação ao Angico-preto, os resultados não foram significativos, não havendo efeito no desenvolvimento das plantas em relação às águas residuárias.

Silva (1998) conduziu um experimento com lodo de esgoto, utilizando-o para a produção de cana-de-açúcar (*Saccharum sp.*), sendo que os critérios de avaliação foram à produtividade de biomassa e de açúcar, quantidade de nutriente e metais pesados na espécie estudada. Os principais resultados indicaram que o lodo de esgoto contribuiu para a diminuição da acidez do solo e forneceu nutrientes necessários para produção de colmos (caule). Os metais pesados presentes no lodo foram encontrados em concentrações reduzidas, sendo eles o (Cd) cádmio, (Cr) cromo, (Ni) níquel e o (Pb) chumbo.

Já Silva et al. (2002) realizaram a avaliação de um substrato orgânico em processo de vermicompostagem, utilizando combinações diferentes de esgoto urbano com bagaço de cana-de-açúcar. O experimento foi executado em um galpão aberto para o processo de vermicompostagem. Após 180 dias foram coletadas amostras do minhocário e analisada a concentração de magnésio, cálcio, fósforo e metais pesados. Os principais resultados encontrados mostraram que os teores de metais pesados estavam abaixo do limite de toxicidade de acordo a legislação internacional. O aumento da proporção com lodo de esgoto aumentou a concentração final de (N) Nitrogênio, (Ca) Cálcio e (Mg) Magnésio e diminuídas as de (K) Potássio.

Tasso Júnior et al. (2007) realizaram um trabalho com o objetivo de comparar o efeito do lodo de esgoto e vinhaça na produtividade agrícola da cana-de-açúcar, cultivada por dois anos consecutivos sendo estudadas duas espécies de cana. Os resultados mostraram que a cana planta manteve a sua produtividade dos colmos nos diferentes tratamentos, considerando que o N e o K foram fornecidos pelo lodo de esgoto e vinhaça.

Lopes et al. (2005), testaram o lodo de esgoto na produção de alface (*Lactuca sativa* L.). O trabalho foi desenvolvido em casa de vegetação, utilizando-se um solo Aluvial Eutrófico e o lodo oriundo da ETE do município de Jerônimo Monteiro - ES. Os resultados apontaram que o crescimento da parte aérea e o aumento da matéria fresca das folhas foram estatisticamente superiores aos do controle, e a regressão indicou a possibilidade da utilização de doses mais elevadas de lodo de esgoto. Os autores afirmam que o lodo de esgoto com características próximas ao estudado, o solo com o pH corrigido e saturação de bases elevada para 70% podem ser utilizados como fertilizantes para o cultivo de alface.

Rocha et al. (2003) realizaram experimento utilizando o lodo como adubo no cultivo da couve (*Brassica oleraceae*), na Embrapa – Centro Nacional de Agrobiologia (CNPAB), em Argissolo Vermelho Amarelo avaliando o lodo de esgoto, esterco bovino e uréia. O lodo de esgoto utilizado foi coletado na estação de tratamento de águas servidas domiciliares do Instituto Ambiental de Petrópolis-RJ. Os principais resultados apontaram que o lodo de esgoto pesquisado, apresentou alta concentração de matéria orgânica e macro nutrientes, sendo que os teores de resíduo mineral total e metais pesados estavam dentro dos limites permitidos pela legislação internacional.

Nobrega et al. (2007) pesquisaram sobre o uso de substrato biossólido no cultivo de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi). O experimento foi realizado em solo Neossolo Quartzarênico e Latossolo Vermelho Amarelo. O biossólido testado foi coletado na ETE de Serrania- MG. As proporções utilizadas foram de 100:0; 80:20; 60:40; 40:60; e 20:80 (biossólido: solo), sem a presença de fertilização mineral. Os resultados apontaram que o biossólido apresentou nutrientes necessários para produção de mudas de aroeiras. As medidas de 60:40 de biossólido para o Neossolo Quartzarênico ou de 40:60 de Latossolo Vermelho-Amarelo apresentaram-se como as proporções ideais para o preparo das mudas de aroeira (NOBREGA ET AL., 2007).

A pesquisa desenvolvida por Lobo et al. (2006) com a utilização do lodo de esgoto como fonte de nitrogênio na cultura do girassol, demonstrou que o nitrogênio mineral pode ser substituído pelo nitrogênio oriundo do lodo com alta produtividade dos grãos, óleos e matéria seca. Nascimento et al. (2004) avaliaram os efeitos da aplicação de doses de lodo

equivalentes a 0, 10, 20, 30, 40 e 60 Mg ha<sup>-1</sup>, em dois tipos de solos Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, com textura média e Espodossolo Cárbico hidromórfico com textura arenosa, cultivados com milho e feijão. Os pesquisadores demonstraram que com adição das doses de lodo no solo, verificou-se um aumento na produção de matéria seca, tanto do milho quanto no feijoeiro, mas abaixo dos resultados quando utilizado o fertilizante mineral. Com o aumento da matéria orgânica, verificou-se um aumento dos teores de N total, K, P, Ca, Mg e Na do solo, porém o K do Espodossolo não apresentaram alteração. Os teores de metais no lodo, solo e nas plantas apresentaram-se dentro das conformidades o que permite o uso agrícola dentro dos padrões estabelecidos.

Com relação ao uso do lodo na produção de soja, existem diversos trabalhos como os de Souza et al. (2009), Corrêa et al. (2008), que englobam a utilização do lodo de ETE no cultivo dessa espécie. Chueiri et al. (2007) optaram por avaliar o lodo de esgoto e fertilizante mineral bem como os seus efeitos no solo e no cultivo de trigo.

Portanto, o investimento em pesquisas que visam agregar valor a esse subproduto é significativo, visto que o mesmo tem alto potencial para o uso agrícola e outros fins. Cada estação de tratamento de esgoto tem a sua própria identidade, possuindo características específicas conforme a realidade local e regional.

### **3.4 O uso de resíduos das Indústrias de Papel e Celulose**

O lodo de esgoto não é o único resíduo que tem gerado problemas para o meio ambiente. Existe uma grande diversidade de resíduos oriundos de setores industriais que vem acarretando danos ao longo dos anos, dentre eles cabe destacar os resíduos oriundos do setor da produção de celulose.

Segundo Rodrigues (2004) com o crescente desenvolvimento das indústrias de papel e celulose, o volume de produção aumentou significativamente, bem como a quantidade de resíduos que este setor tem gerado no decorrer dos anos. O autor afirma que estes resíduos têm gerado preocupação tanto econômica quanto ambiental.

A Associação Brasileira de Papel e Celulose (2004) apud Ferreira et al. (2007), ressaltam que nos últimos 10 anos tomando como base o ano de 2004, a produção de papel e celulose a nível mundial apresentou um crescimento significativo, sendo que o Brasil registrou produção de 8,2 milhões de toneladas de papel em 2004, o que concedeu ao mesmo o sétimo lugar de maior produtor mundial de papel naquele ano.

Toledo (2013) realizou uma pesquisa utilizando resíduos ricos em composto orgânico de uma fábrica de produção de papel e celulose, sendo que os compostos testados foram: o lodo da Estação de tratamento de água dos efluentes da indústria, dregs (processo de recuperação do licor negro), casca de eucalipto (do processo de descascamento da madeira), cinza (queima de biomassa), além da utilização de outros substratos. Dentre os resultados, verificou-se que a qualidade de mudas do eucalipto "urograndis" produzidas com composto orgânico da fábrica apresentou melhor desempenho quando comparadas ao substrato base, de acordo com os testes realizados.

Anhaia et al. (2012), pesquisaram o uso de resíduos do setor de produção de papel celulose para a cultura de alface. Dentre os demais resíduos estudados, estão o lodo da estação de tratamento de esgoto, casca de eucalipto, cinza e casca de fibra de coco. Os resultados demonstraram que todos os resíduos apresentam potencial para o cultivo de alface, entre os que se destacaram ressalta-se a combinação lodo e cinza.

Cabe ressaltar a existência de trabalhos que fazem uso do lodo de ETE, bem como os efluentes gerados no processo de tratamento de águas residuárias da fábrica de celulose. Esses trabalhos têm em comum o uso do lodo ou efluente como fertilizante no desenvolvimento de plantas mudas ou aliado a outros fatores, pesquisando a reinserção desse material no ciclo produtivo. (Rabelo, 2014; Anhaia, 2012; Simão et al., 2015; Guerra, 2007; Quartaroli, 2012; Macedo, 2006; Silveira, 2009; Guaitolini, 2014).

Já o resíduo de fibrilose (fibra curta) da celulose, segundo Costa et al. (2007) é oriundo processo da fabricação de papel, sendo que empresa geradora do resíduo compra aparas para a fabricação de papel e celulose gerando no processamento desse material a fibrilose. Este resíduo vem gerando problemas nas empresas devido a sua composição e volume. O mesmo já foi testado na agricultura e na construção civil.

### **3.5 Os Subprodutos**

A busca por aproveitamentos de subprodutos é constante, visto que os mesmos trazem inúmeros impactos para saúde e meio ambiente, por isso deve-se haver incentivos no desenvolvimento de pesquisas a fim de agregar valor às diversas classes de resíduos. Cabe ressaltar que existem inúmeros estudos sobre subprodutos gerados das Estações de Tratamento de Esgoto e das Fábricas de Papel e celulose com aplicações e aproveitamentos em diversas áreas, bem como os subprodutos lodo de esgoto e celulose para uso na agricultura.

Oliveira et al (2016), pesquisaram sobre o aproveitamento de fibras celulóticas comerciais e de casca de arroz para uso na fabricação de hidrogel, os principais resultados apontaram que o subproduto mostrou-se eficaz para a produção de bioprodutos, em destaque o hidrogel. Já Granato (1999), Matthews (1998), Rrong et al (2015), Kukari (2015), Bruni et al (2016), Orlandi et al (2016), Charlton et al (2016), Li (2016), Liu (2016), Pei. (2016), Hei et al (2016), Adel (2016), Krzyzanowski Jr (2016), Jin (2016), Yuan et al (2017), Parveen et al (2017), Lam et al (2017), Santoro et al (2017), Jing (2017), Santoro (2017), Fernandes (2017), Dai (2017), Araneda (2017), também pesquisaram sobre o uso dos diversos subprodutos oriundo das estações de tratamento de esgoto e da celulose. Cabe ressaltar a importância do incentivo a pesquisas que visa reaproveitar resíduos e agregando valor ao mesmo, reinserindo-os no ciclo produtivo.

O presente trabalho teve como finalidade, um estudo de caso pela utilização de dois resíduos de empresas de celulose e tratamento de esgoto para produção de substrato comercial. Estudo de caso segundo Triviños (2013) é uma categoria de pesquisa, cujo objetivo é analisar de forma aprofundada uma única unidade. Bogdan (1982) apud Triviños (2013) distingue vários tipos de estudos de caso, sendo que neste trabalho foi feito o estudo comparativo de casos, dentre os substratos estudados.



## **4 MATERIAL E MÉTODOS**

Este trabalho foi realizado no laboratório de Química da Água e de Solos na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, no Campus Mucuri. O material estudado foi o lodo de esgoto, oriundo do leito de secagem da Estação de Tratamento de Esgoto de Teófilo Otoni - MG, e a fibrilose, resíduo da fabricação de papel pertencente à empresa Santher, localizada na cidade de Governador Valadares-MG.

### **4.1 Coleta das amostras de lodo de esgoto e fibrilose**

As amostras de fibrilose e lodo de esgoto, respectivamente, foram coletas em sacos plásticos de 100 litros e lacradas. Em seguida foram conduzidas para o laboratório da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. O manuseio de ambos os resíduos foi realizado utilizando equipamentos de proteção individual (EPI). A análise parasitológica do lodo de esgoto foi realizada por microscopia direta e pelo método Hoffmann, Pons e Janer (HPJ), por meio de uma parceria com laboratório da cidade de Itaobim-MG.

### **4.2 Processamento da fibrilose**

A fibrilose foi processada no laboratório com o objetivo de uniformizar à granulometria do material. Para a realização desse procedimento, foi utilizada peneira de malha de 5,0 mm (milímetros). A fibrilose foi peneirada úmida visando facilitar o processo de passagem da fibra pela malha. Após ser uniformizado no peneiramento, o material foi mantido em bandejas para redução de sua umidade inicial visando à facilitação do manejo. Após esta etapa, foi retirada uma amostra da fibrilose para determinação de sua umidade de trabalho. As amostras foram levadas para a estufa a 75° C, conforme o padrão na literatura por cerca de 72 horas. Após esse período, o material foi pesado para identificação do peso seco (P.S) e a determinação de sua umidade.

### **4.3 Processamento do lodo de esgoto da ETE**

O lodo de esgoto foi inicialmente autoclavado para eliminação dos possíveis patógenos presentes no material, considerando que o sistema de reatores anaeróbicos da ETE

de Teófilo Otoni não elimina totalmente os contaminantes. Para que se faça o uso deste na agricultura, devem-se atender os padrões da resolução CONAMA 375/2006. O material foi autoclavado a uma temperatura de 121°C por 30 minutos, com uma pressão de 1,5 Kgf/cm<sup>2</sup>. Em seguida o mesmo foi triturado e peneirado para a diminuição de suas partículas, com o objetivo de uniformização. Para este processo foi utilizado peneiras de malha 5,0 mm. Após processado, foi retirada uma amostra do material para a determinação do teor de umidade, semelhante ao realizado na fibrilose.

#### **4.4 Mistura dos compostos**

Após a preparação inicial dos materiais, procedeu-se a mistura do Lodo de esgoto e da fibrilose para realização da compostagem e estabilização do material. As misturas dos materiais foram realizadas em diferentes proporções, (Fibrilose/Lodo de esgoto): T1(4,5:5,5), T2(5,5:4,5), T3(6,5:3,5), T4(7,5:2,5), e T5(8,5:1,5). (Volume/Volume) em litros. Essas proporções foram baseadas em estudos realizados por Boeachat et al ( 2013), que testaram a produção de mudas do maracujá em substratos a base de celulose e esterco. Em seguida foram utilizados bécheres de um litro graduados para a determinação dos volumes. O volume final de cada mistura foi de 10 litros. Antes do processo de homogeneização, a fibrilose e o lodo foram pesados e seus volumes definidos para a determinação de suas densidades. Após a etapa de definição das quantidades dos materiais, eles foram colocados e misturados em sacos plásticos visando à homogeneização, e em seguida condicionados em caixas de isopor de 20 litros.

#### **4.5 Preparação do inoculante**

Na etapa seguinte, foi realizada a preparação de uma solução biológica para atuar como reator biológico durante o processo de decomposição das misturas. Foi coletado esterco bovino curtido da comunidade São Miguel do Pita/MG. No laboratório o material foi peneirado. Foram coletados 100 g (gramas) do esterco curtido e condicionado em um Becker com 1000 ml (mililitros) de água destilada. Após a realização do processo de mistura da água e do esterco curtido, o Becker foi coberto e a reatividade mantida por sete dias, visando à multiplicação e a obtenção de uma suspensão com microrganismos provenientes do esterco bovino. Após este período a solução foi filtrada em algodão, coletando-se uma solução sem a

presença de sólidos em suspensão. Foram separados 100 mL desta solução e aplicado em cada caixa de isopor com as misturas dos materiais. Em seguida foram aplicados 2.000 mL de água destilada em cada caixa de isopor, visando à potencialização da atividade dos microrganismos no meio.

#### 4.6 Análise Química I

Foram coletas também amostras de lodo de esgoto e fibrilose separadamente para realização das análises químicas.

A análise foi realizada antes do início do processo de decomposição nas caixas de isopor no laboratório da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Campus Mucuri. As amostras foram preparadas e analisadas no espectrômetro de massas com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS). Os elementos analisados foram: potássio (K), Cálcio (Ca), Ferro (Fe), Zinco (Zn), Cobalto (Co), Manganês (Mn), Cobre (Cu), Cádmio (Cd), Chumbo (Pb).

As análises dos elementos foram realizadas com o espectrômetro de massas com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS), marca PerkinElmer, modelo NEXION 300 D, conforme Figura 2.

**Figura 2** - Espectrômetro de massas com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS), UFVJM, Campus Mucuri.



Fonte: Autor.

As amostras foram preparadas de acordo com os padrões USP EPA 3051 para lodo e para a amostra de fibrilose. Inicialmente para o preparo das amostras, foram necessárias a homogeneização do lodo de esgoto e fibrilose, por meio de trituração com o almofariz, para a

diminuição das partículas, e em seguida realizada o peneiramento com uma malha de 0,3 mm, conforme as Figuras 3a e 3b. Logo após os materiais foram pesados separadamente: 1,0 grama de fibrilose e 0,5 grama de lodo de esgoto.

**Figura 3** - (a) Processamento da fibrilose . (b) Processamento da lodo de esgoto.



Fonte: Autor.



Fonte: Autor.

Em seguida, as amostras foram levadas para o reator micro ondas, com 0,5 grama de lodo e 1,0 grama de fibrilose juntamente com 10 ml de ácido nítrico. Foram colocadas em tubos específicos, sendo que foi realizado um branco para cada material analisado. Em seguida as amostras foram levadas para um reator micro ondas automatizado de mesa Mars 6 com tecnologia de CEM One Touch™, para digestão das amostras. Após a digestão, foram retiradas as amostras do micro-ondas (Figura 4) para serem diluídas. A diluição foi realizada utilizando 9,9ml de água tipo 2 em um balão de 250 ml e 0,1ml das amostras com padrão interno já adicionado em cada uma das amostras.

**Figura 4** - Preparo das amostras para leitura no ICP/MS, UFVJM, Campus Mucuri.



Fonte: Autor.

A análise química também foi realizada, após o processo de decomposição das misturas nas caixas de isopor, com os cinco substratos preparados e os três materiais orgânicos comerciais.

#### **4.7 Monitoramento das temperaturas dos compostos**

Durante o período de decomposição dos materiais (Fibrilose/lodo de esgoto) nas caixas de isopor, as misturas tiveram suas temperaturas monitoradas diariamente com um termômetro, visando caracterizar a atividade microbológica através da liberação de calor. Nos momentos em que as temperaturas se elevavam acima de 50° C, era realizado um revolvimento para liberação do calor, evitando prejudicar os microrganismos decompositores e acréscimo de água destilada considerando a intensa evapotranspiração que ocorria nas caixas. Os materiais passaram por um período de incubação por 35 dias, sendo que o objetivo das caixas de isopor foi manter ambiente controlado e isolando parcialmente das variáveis ambientais do meio externo. Após este período, os materiais compostados foram retirados das caixas e peneirados em peneiras de 0,5 mm visando à uniformização das partículas de húmus produzida.

#### **4.8 Análise química II**

Foram retiradas amostras dos compostos orgânicos produzidos e dos substratos comerciais e orgânicos para determinação de suas características químicas. As amostras passaram por um processo de homogeneização com o almofariz, e em seguida foram peneiradas, pesadas e submetidas a procedimentos para análises de suas características físicas, sendo que foi feita novamente a utilização US EPA 3051, sendo 0,5 grama de substratos para diluição 500 mL para 10 mL de ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) a 2 %. Foi utilizado 0,1 de padrão interno.

#### **4.9 Preparo dos substratos para teste em espécies**

Após o período de decomposição, os materiais foram secados e distribuídos em placas de isopor com células para produção de mudas. Além dos compostos orgânicos preparados com fibrilose e lodo de esgoto, foram utilizados dois substratos comerciais, composto

orgânico e solo orgânico, sendo o composto orgânico comercial Fertiliza e o substrato comercial o Bioplant. As células foram preenchidas com os substratos e preparadas para produção de mudas. Foram avaliadas neste experimento as seguintes culturas: Mamão (*Carioca popaya*); Maracujá (*Passiflora sp*), Berinjela (*Solanum molongena*) e pimentão (*Capsicum annuum*) e Tomate (*Licopersicum sp*).

#### **4.10 Construção do mini viveiro**

Foi construído um mini viveiro coberto com o sombrite de malha 3 mm. As colunas do viveiro foram feitas de cano de meia com aproximadamente um metro e meio. A base foi construída com a mistura de brita e areia. A dimensão do viveiro foi de três metros de comprimento por 60 centímetros de largura. As bandejas foram acondicionadas sobre caixotes, sendo que os mesmos foram higienizados.

A semeadura foi realizada diretamente nas células, sendo que em cada recipiente foram semeadas três sementes a cerca de 1,0 centímetros de profundidade. Após a germinação foi realizado o raleio (retirada do excesso de plantas), mantendo-se uma plântula por célula. A irrigação foi realizada duas vezes ao dia, pela manhã 07:00 horas e a tarde 18:00 horas, durante todo o período de desenvolvimento das plântulas. Nos primeiros dez dias a irrigação foi feita com borrifador, cerca de 10 ml em cada célula, sendo que foi necessário esse manejo na fase inicial.

Após 30 dias foi realizada a coleta das plântulas, e em seguida foram analisados: índice de sobrevivência (número de células que apresentavam indivíduos sobreviventes), emissão de folhas definitivas, comprimento da parte aérea, comprimento do sistema radicular e peso seco da parte aérea e do sistema radicular das plântulas. Para a análise do peso seco do sistema radicular e parte aérea das plântulas, os mesmos foram separados em sacos de papel, e levados para a estufa de secagem a cerca de 75 °C por 72 horas para a obtenção da matéria seca.

Cada parcela experimental foi composta por 36 células. O experimento foi conduzido com cinco repetições e oito tratamentos. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, e a análise estatística foi realizada com o programa ESTATJAB da UNESP Jaboticabal de São Paulo (SP). Nas variáveis fitotécnicas foi utilizada a ANOVA e aplicado o teste de Tukey a 5% de significância. Com relação à caracterização dos tratamentos, segue Tabela 3.

**Tabela 3** - Caracterização dos tratamentos estudados.

<b>Tratamentos</b>	<b>Descrição/composição</b>
<b>T1</b>	4,5/5,5 4,5 fibrilose para 5,5 de lodo de esgoto/ em litros
<b>T2</b>	5,5/4,5 5,5 de fibrilose para 4,5 de lodo de esgoto/ em litros.
<b>T3</b>	6,5/3,5 6,5 de fibrilose para 3,5 de lodo de esgoto/ em litros.
<b>T4</b>	7,5/2,5 7,5 de fibrilose para 2,5 de lodo de esgoto/ em litros.
<b>T5</b>	8,5 de fibrilose para 1,5 de lodo de esgoto/ em litros
<b>Bio</b>	Substrato Bioplant. casca de pinus, esterco, serragem, fibra de coco, vermiculita, casca de arroz, gesso agrícola, carbonato de cálcio, magnésio, termostato magnésiano, (yoorin),e aditivos ( fertilizantes).

<b>Org</b>	Solo orgânico/Terra vegetal  Terra, areia, munha de carvão, farinha de osso, matéria orgânica, calcário e humus
<b>Fert</b>	Composto orgânico Fertiliza  Lodo orgânico da estação de tratamento de esgoto e resíduos orgânicos do preparo de refeições, resíduos orgânicos de poda (roça /capina), terra diatomácea, cinzas

Fonte: Autor.

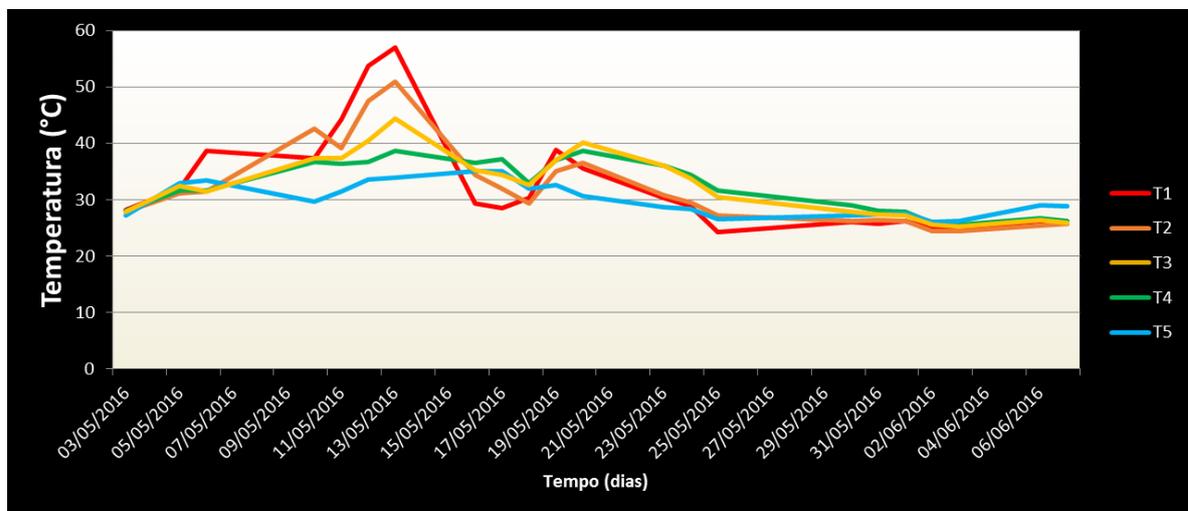
Em relação ao índice de sobrevivência, foi realizada a correlação do índice com os níveis dos elementos nos substratos, visando verificar correspondência entre os fatores.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 Características físicas

Durante o processo de decomposição, a temperatura das caixas foi monitorada visando evitar prejuízos a atividade microbiológica e conseqüentemente a produção final do húmus. As caixas foram umedecidas periodicamente, e o material revolvido mantendo o processo de produção de húmus. Durante o período de 35 dias, houve inúmeras variações de temperatura, sendo que a mais elevada foi 57°C, cabe destacar que os cinco substratos testados foram monitorados, e à medida que a temperatura aumentava era adicionado água para o controle da mesma, a estabilização foi alcançada nas caixas quando foi obtido 26°C. Sendo que predominou-se a degradação anaeróbica, as seguir na Figura 5, dispõe sobre o comportamento dos composto no tempo de decomposição.

**Figura 5** - Dispõe sobre as variações de temperaturas dos compostos até a estabilização.



Fonte: Autor.

**Legenda\*** T1 = 4,5 fibrilose para 5,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T2 = 5,5 de fibrilose para 4,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T 3=6,5 de fibrilose para 3,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T 4 = 7,5 de fibrilose para 2,5 de lodo de esgoto/ em litros.\*T5 =8,5 de fibrilose para 1,5 de lodo de esgoto.

As misturas das proporções foram divididas em cinco caixas de isopor, sendo que a primeira foi 4,5 litros de fibrilose, para 5,5 litros de lodo de esgoto. A temperatura teve no seu início 28,8°C e o seu maior pico foi 57° C e mínima 24,3°C, chegando à estabilização por

volta 25,8° C. Esta mistura de resíduos atingiu maior temperatura em comparação com outros tratamentos. A decomposição dos resíduos na caixa 5,5 litros de fibrilose para 4,5 lodo litros de esgoto iniciou-se na temperatura de 27,8°C teve uma máxima de 50,9°C e uma mínima de 24,4 ° C, estabilizando a 25,8° C. Sendo que essa caixa teve o segundo maior pico de temperatura, quando comparada as demais misturas.

A caixa 6,5 litros de fibrilose para 3,5 litros de lodo de esgoto iniciou-se com 27,8° C, tendo uma máxima de 44,4° C e uma mínima de 25,3° C, estabilizando a 25,9° C. A caixa 7,5 litros de fibrilose para 2,5 litros de lodo de esgoto, iniciou-se 28° C, sendo que a mesma teve duas máximas de 38,6° C, e estabilizaram cerca de 30, 6 ° C. A caixa 7,5 teve a primeira e maior máxima consecutiva, quando comparada a caixa 8,5 de fibrilose para 1,5 de lodo de esgoto. A caixa 8,5 litros de fibrilose para 1,5 litros de lodo de esgoto apresentou de início 27,8 ° C e teve duas máximas que aprestaram a mesma temperatura cerca de 40° C apresentou uma mínima 26,1° C, alcançando a estabilização a 28,9 ° C.

Portanto, durante os dias de monitoramento das temperaturas dos compostos, pode-se observar que a maior e menor temperatura foi representada pela caixa T1, sendo mínimos 24,3 graus é máxima 57° C. Todas as caixas iniciaram o processo de compostagem entre 27°C e 28°C e estabilizaram entre 25 °C e 26,1° C. Este fato era esperado considerando que a maior quantidade de lodo de esgoto que apresenta menor relação C/N (Carbono/Nitrogênio), promove uma maior atividade microbológica durante a decomposição e a liberação de calor, considerando que predominou a decomposição aeróbica.

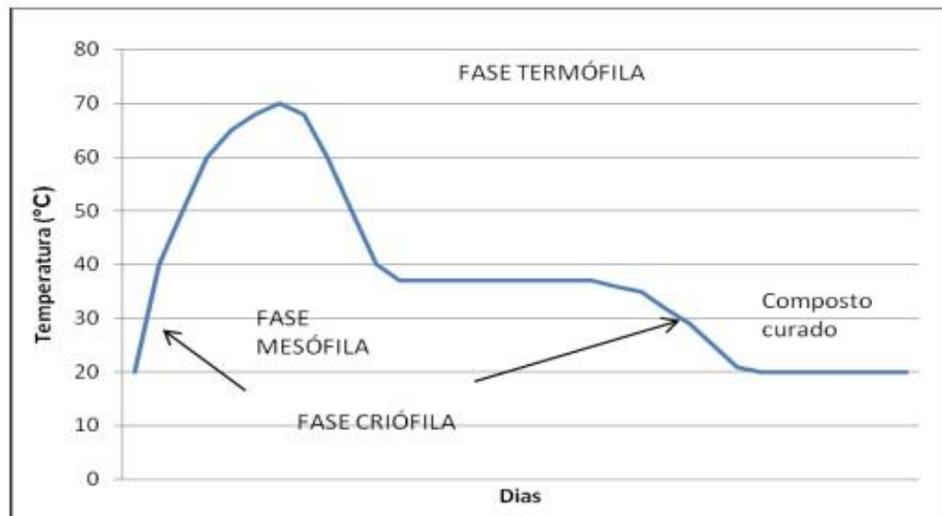
Cabe ressaltar que o processo de monitoramento das temperaturas é considerado de suma importância visto que o mesmo é considerado, segundo Melo et al (2017) apud Marcos Filho (2005) como um dos fatores significativos sendo que as variações de temperatura influenciam de forma direta a velocidade, porcentagem e a uniformidade dentro do processo de germinação, sendo que deve ser considerado, pois após a produção do substrato o mesmo foi testado em espécies frutíferas e olerícolas.

A temperatura apresenta em formas de fases perceptíveis durante o processo de monitoramento de um composto, sendo essas classificadas segundo Filho (2014), apud Bernal et al (1998) e Silva (2007) apud Mendonça e Loures (2000), como : psicrófilos, mesófila, termófila, mesófila e por fim criófila. Esse comportamento foi observado no decorrer do monitoramento dos compostos estudados, sendo que iniciou-se e finalizou em aproximadamente 30 ° C.

Segundo Filho (2014), apud Bernal et al (1998), a temperatura varia até 40°C no decorrer de 2 a 5 dias, em seguida a fase Termófila que vai representar o nível de temperatura

maior que 40 °C, o que vai propiciar uma degradação rápida que pode variar em até dois dias, e por fim a ultima fase que é a fase de resfriamento ou maturação que ocorre quando a temperatura oscila e em seguida permanece constante, indicando que o composto transformou-se em substrato, ou seja o composto está curado. A seguir a Figura 6, dispõe sobre as fases de oscilações.

**Figura 6 -** Curva padrão do processo de compostagem.



Fonte: KIEHL (2001), ADAPTADO Filho (2014).

Após o processo de monitoramento de decomposição dos compostos, os mesmos passam a serem substratos, sendo formados por misturas diferentes, muitos já estão no mercado e outros estão sendo estudados. É importante destacar, que os substratos segundo Ranzani et al (2016), apud Popinigis (1997), tem influencia no processo de germinação, pois a estrutura, capacidade de reter água entre outros fatores, variam de acordo ao substrato utilizado. Ranzani (2016), apud Brasil (2009), a escolha do substrato deve esta de acordo as características das sementes.

Com relação aos substratos, cabe destacar que segundo Minami e Puchala (2000), os substratos atuam por meio de sua característica no desenvolvimento do sistema radicular das plantas na disponibilidade de água, nutrientes, oxigênio e transporte de fotoassimilados entre as raízes. Desta forma, além das características químicas e físicas adequadas (FERNANDES & CORÁ, 2000), os substratos devem estar isentos de fitopatógenos de sementes e serem produzidos com materiais de baixo custo e fácil disponibilidade (FACHINELLO et al., 2005). Apesar disto, outro aspecto importante em relação aos substratos deve ser observado: o seu

potencial de toxidez, considerando a presença de elementos tóxicos ou de compostos orgânicos que podem inibir o desenvolvimento das plantas.

Um grande número de matérias-primas podem ser utilizadas como substratos na produção de mudas, mas é extremamente difícil que apenas um único material apresente todas as características desejáveis. Para isto torna-se necessário a preparação de misturas com o objetivo de atingir as condições químicas e físicas ideais para o desenvolvimento das plantas em sua fase inicial (Sales et al., 2006). O resultado da combinação de componentes não é somente a soma de seus fatores, mas as características físico-químicas que este meio irá apresentar. A caracterização física e química é de suma importância visando à padronização do substrato. Estas características permitem a adequação dos produtos quanto à formulação granulométrica, recomendação e uso de fertilização complementar e controle de irrigação (ZORZETO, 2011).

## 5.2 Características químicas

O lodo de esgoto e os resíduos industriais para serem utilizados na agricultura devem estar de acordo com as exigências de cada país. Deve-se salientar que as taxas de concentrações de nutrientes e metais tóxicos, variam de um país para o outro, visto que a realidade sanitária de cada estado é diferente. Segundo Silva (2007) no Brasil, optou-se por adotar padrões referenciados na legislação norte-americana US EPA 40 CFR Part 503 referente à adoção de limites máximos. A seguir, a Tabela 4 dispõe do panorama sobre os valores adotados nos EUA, Europa e no Brasil, bem como os resultados encontrados com a análise do lodo e da fibrilose estudados.

**Tabela 4** - Concentração máxima de metais pesados do lodo de esgoto no Brasil, EUA e Europa utilizados na agricultura e as concentrações de lodo e fibrilose.

Metais	EUA-UESPA Part 503		Europa - Diretiva 86/278/EEC		Brasil Resolução N° 375/2006 CONAM A	Lodo	Fibrilose
	Conc. Máxima (mg/Kg MS)	Qualidade Excepcional (mg/Kg MS)	Recomendado 86/278/EEC	Obrigatório (mg/Kg MS)	Obrigatório (mg/Kg MS)	Conc. (mg/Kg MS)	Conc. (mg/Kg MS)
Arsênio	75	41	-	-	41	-	-

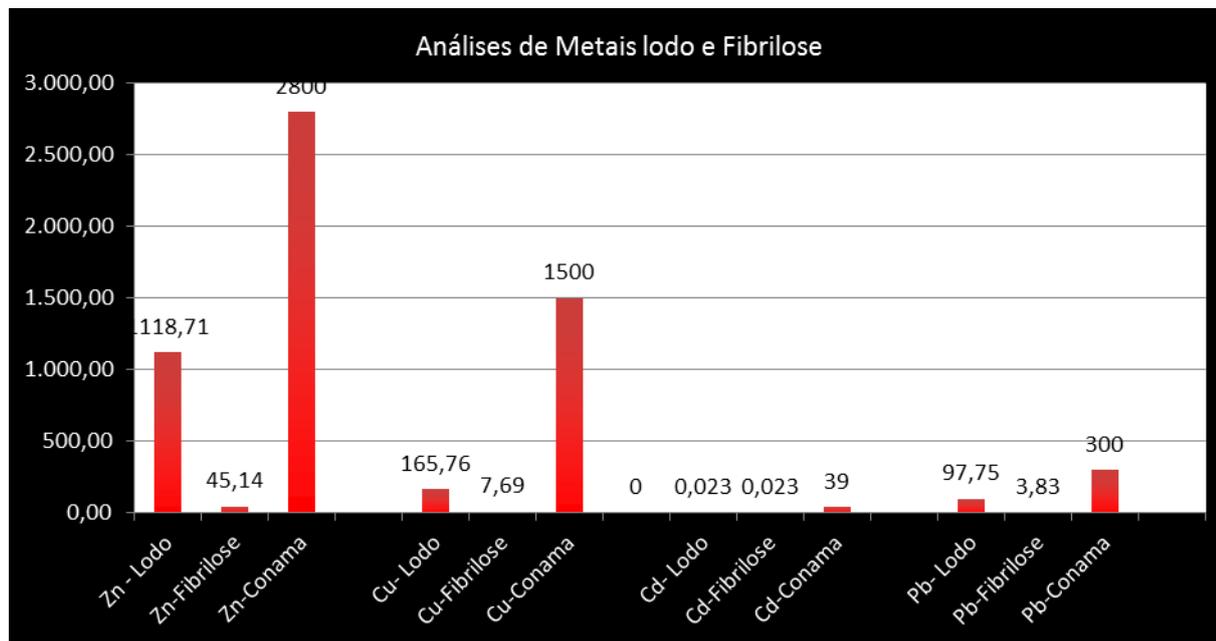
Cádmio	85	39	20	40	39	0,02	0,02
Chumbo	840	300	750	1200	300	97,75	3,83
Cobre	4300	1500	1000	1750	1500	165,76	7,69
Cromo Total	3000	1200	-	-	-	-	-
Mercúrio	57	17	16	25	17	-	-
Molibdênio	75	18	-	-	50	-	-
Níquel	420	420	300	400	420	-	-
Selênio	100	36	-	-	100	-	-
Zinco	7500	2800	2500	4000	2800	1.118,71	45,14
Bário	-	-	-	-	1300	-	-
Manganês	-	-	-	-	-	534,17	37,88
Ferro	-	-	-	-	-	34,06	2.131,75
Cobalto	-	-	-	-	-	4,11	0,54
Potássio	-	-	-	-	-	1.885,97	154,192
Cálcio	-	-	-	-	-	17.959,9	31.797, 28

---

Fonte: ANDREOLI; ILHENFELD; PEGORINI (1999) apud SILVA (2007) Adaptação.

Tsutiya (1999), afirma que os metais pesados presentes no lodo de esgoto, ocorrem devido ao lançamento de efluentes industriais. A quantidade de metais pesados no lodo determina a viabilidade da utilização do mesmo na agricultura, se o nível estiver elevado, este torna-se inviável para uso agrícola sendo necessário outra destinação final. (ANDREOLI; ILHENFELD; PEGORINI 1999). A Seguir, na Figura 7 destaca-se os principais metais do lodo de esgoto da cidade de Teófilo Otoni e a fibrose, da Santher de Governador Valadares, comparando-os com a resolução 375/2006.

**Figura 7** - Concentração dos principais metais (mg/kg) presentes no lodo e fibrilose em comparação com a resolução CONAMA 375/2006.



Fonte: Autor.

**Legenda:** Zn (Zinco), (Cu) Cobre, (Pb) Chumbo. Resolução CONAMA 375/2006.

As análises dos principais metais presentes no lodo de esgoto e fibrilose foram feitas conforme a Figura 7, e estão de acordo aos limites estabelecidos pela Resolução CONAMA 375/2006, bem como os metais presentes na fibrilose. A análise química também foi realizada após a decomposição desses resíduos em proporções diferentes na forma de substrato, juntamente com dois compostos comerciais e um orgânico.

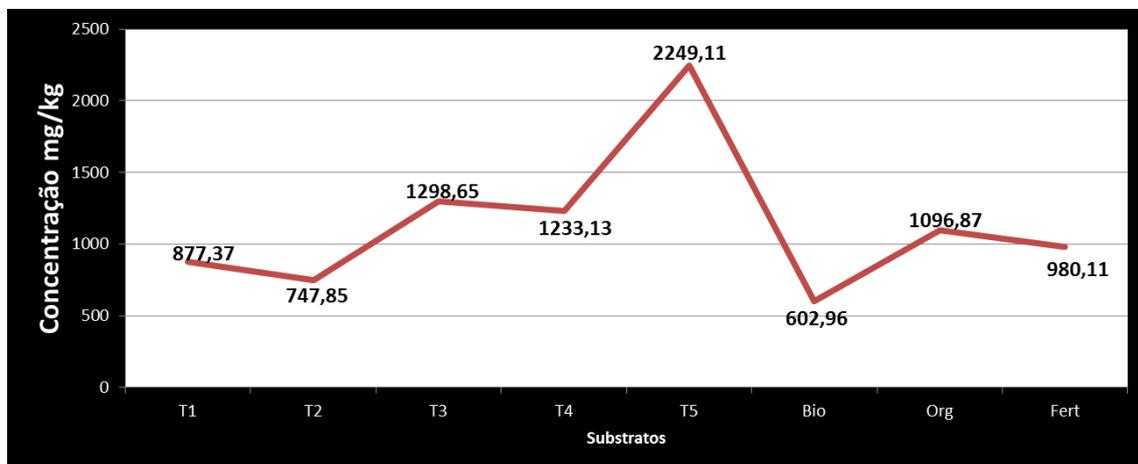
Faz-se necessário o estudo desses materiais na forma de substratos, e como resíduos visto que os mesmos apresentam grande potencial para o uso agrícola além de serem gerados em grande quantidade. A produção de lodo de esgoto é de aproximadamente 33,6 toneladas de lodo seco ao mês, sendo gerado ao ano cerca de 403,2 toneladas de lodo.

Já a fibrilose, (resíduos da indústria de papel e celulose) é produzida em grande escala, sendo que uma parte é destinada as cerâmicas e outra parte é disposta no aterro sanitário quando não utilizada para outro fim, porém a quantidade depositada ao mês no aterro é significativa, cerca de aproximadamente 300 toneladas úmidas por mês e ao ano 3600 toneladas úmidas, contribuindo para saturação do aterro.

### 5.3 Concentrações de metais nos substratos

Os substratos produzidos juntamente com outros dois comerciais e um orgânico, foram analisados e comparados com base na resolução Conama 375/2006, bem como as exigências das instruções normativas do MAPA 27/2006, que dispõe sobre principais critérios para uso de substratos a agricultura. A seguir, serão descritos as principais concentrações dos metais estudados, juntamente com a correlação com legislações vigentes. A Figura 8 dispõe das concentrações de Alumínio dos metais estudados.

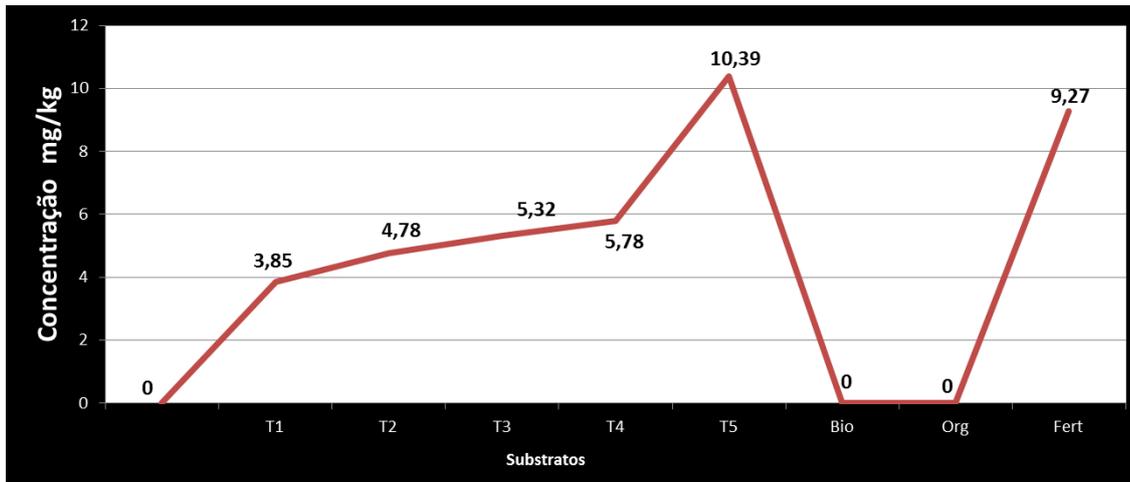
**Figura 8** - Concentração de Alumínio presentes nos substratos estudados.



Fonte: Autor.

**Legenda\*** T1 = 4,5 fibrilose para 5,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T2 = 5,5 de fibrilose para 4,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T3=6,5 de fibrilose para 3,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T4 = 7,5 de fibrilose para 2,5 de lodo de esgoto/ em litros.\*T5 =8,5 de fibrilose para 1,5 de lodo de esgoto. \*(Bio) Bioplant, \*(org) Orgânico, \*(Fert) Fertiliza.

O Alumínio apresentou maior concentração na dose T5 e menor concentração no substrato comercial Bioplant, seguido da dose T2. A maior concentração, dentre os comerciais foi o solo orgânico sendo que à medida que a dose de fibrilose dos substratos estudados aumentou, verificou-se uma tendência de aumento da concentração do alumínio.

**Figura 9** - Concentração de Cobre presentes nos substratos estudados.

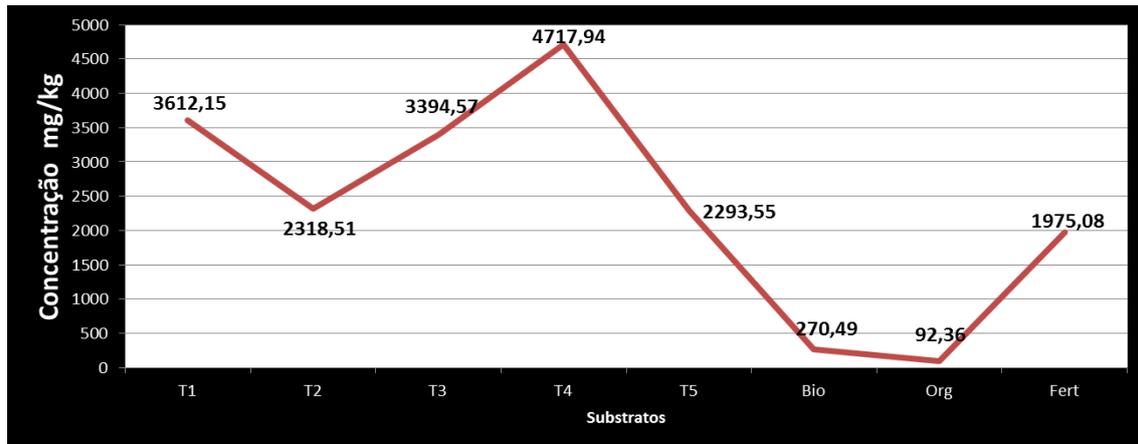
Fonte: Autor.

**Legenda\*** T1 = 4,5 fibrilose para 5,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T2 = 5,5 de fibrilose para 4,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T3=6,5 de fibrilose para 3,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T4 = 7,5 de fibrilose para 2,5 de lodo de esgoto/ em litros.\*T5 =8,5 de fibrilose para 1,5 de lodo de esgoto. \*(Bio) Biplant, \*(org) Orgânico, \*(Fert) Fertiliza.

O cobre (Figura 9) apresentou maior pico de concentração na dose T5, e a menor concentração nos substratos Bioplant e solo orgânico. O aumento ocorre na medida em que a concentração de fibrilose aumenta. Este fato era esperado considerando a maior concentração de cobre na fibrilose.

Pode-se observar que os substratos propostos apresentaram concentração de cálcio (Figura 10), superior aos produtos comerciais, indicando ser um excelente fornecedor de cálcio para as plantas.

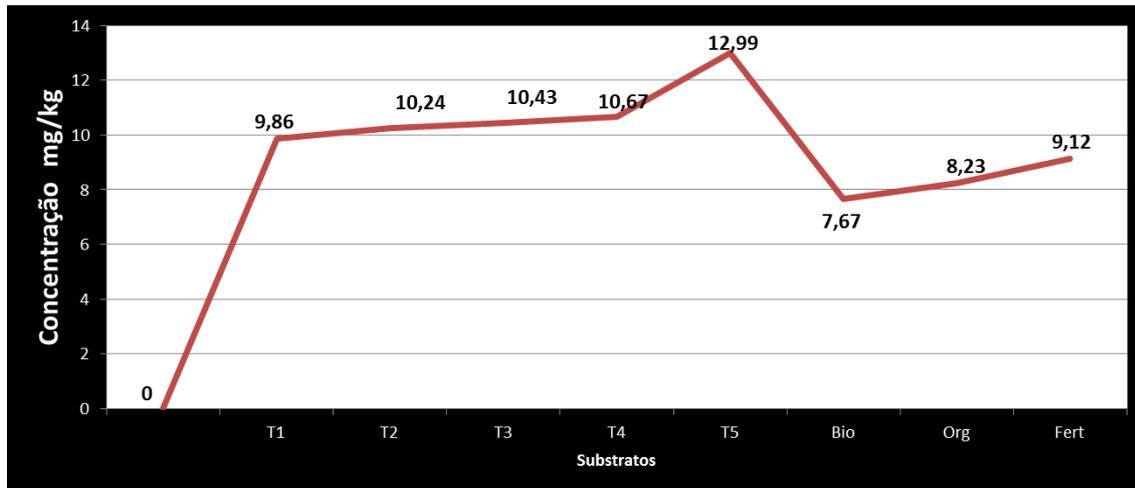
**Figura 10** - Concentração de Cálcio presentes nos substratos estudados.



Fonte: Autor.

**Legenda\*** T1 = 4,5 fibrilose para 5,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T2 = 5,5 de fibrilose para 4,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T 3=6,5 de fibrilose para 3,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T 4 = 7,5 de fibrilose para 2,5 de lodo de esgoto/ em litros.\*T5 =8,5 de fibrilose para 1,5 de lodo de esgoto. \*(Bio) Bioplant, \*(org) Orgânico, \*(Fert) Fertiliza.

O cálcio apresentou teor elevado na dose T4, seguido da dose T1 sendo que a menor concentração foi no substrato comercial o orgânico e a maior dose dos substratos comerciais foi o composto orgânico Fertiliza. Os resultados corroboram com os resultados da fibrilose que apresenta elevado teor de cálcio devido à presença deste elemento durante o processamento das fibras na fábrica. A dosagem mais próxima as concentrações comerciais foi a dose T2 em comparação com o Bioplant.

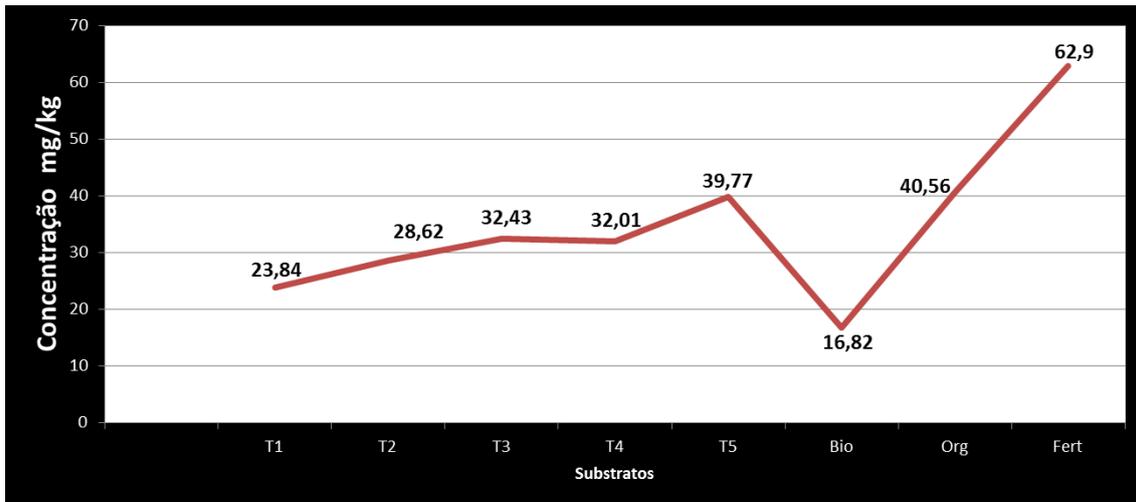
**Figura 11** - Concentração de Chumbo presentes nos substratos estudados.

Fonte: Autor.

**Legenda**\* T1 = 4,5 fibrilose para 5,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T2 = 5,5 de fibrilose para 4,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T3=6,5 de fibrilose para 3,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T4 = 7,5 de fibrilose para 2,5 de lodo de esgoto/ em litros.\*T5 =8,5 de fibrilose para 1,5 de lodo de esgoto. \*(Bio) Biplant , \*(org) Orgânico, \*(Fert) Fertiliza..

O chumbo (Figura 11) apresentou maior concentração no tratamento T5, seguido do tratamento T4, sendo que à medida que a concentração de fibrilose do meio aumenta a quantidade de chumbo eleva. A menor concentração foi representada pelo substrato comercial Bioplant. As concentrações definidas na resolução 27/2006 que dispões sobre o uso dos substratos na agricultura estão de acordo com os substratos testados, sendo que a mesma dispõe para o uso do substrato na agricultura 300 mg/Kg, assim como a resolução do CONAMA 375/2006.

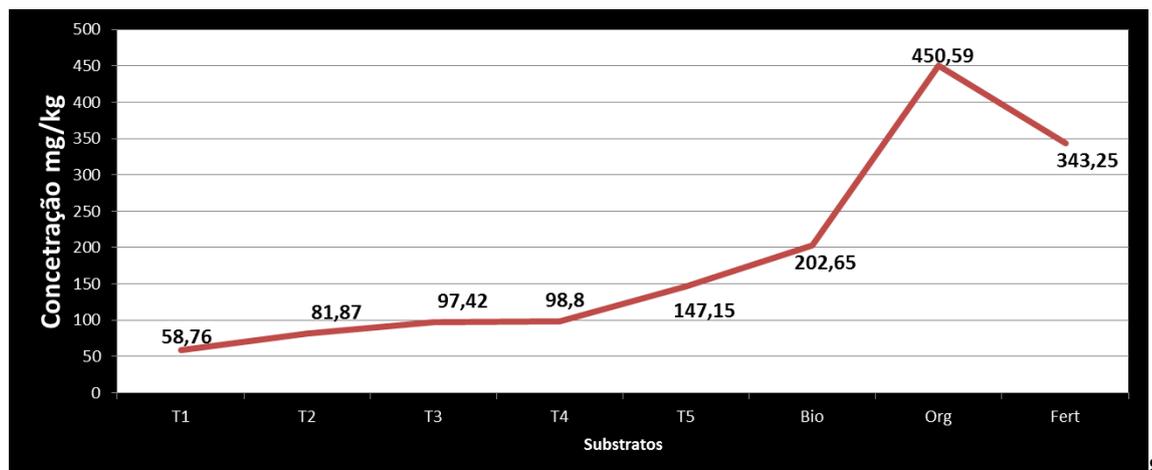
**Figura 12** - Concentração de Manganês presentes nos substratos estudados.



Fonte: Autor.

**Legenda\*** T1 = 4,5 fibrilose para 5,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T2 = 5,5 de fibrilose para 4,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T 3=6,5 de fibrilose para 3,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T 4 = 7,5 de fibrilose para 2,5 de lodo de esgoto/ em litros.\*T5 =8,5 de fibrilose para 1,5 de lodo de esgoto. \*(Bio) Biplant , \*(org) Orgânico, \*(Fert) Fertiliza..

O manganês teve maior representatividade no composto orgânico Fertiliza, seguido do solo orgânico (Figura 12). A menor concentração foi representada pelo tratamento T1 (Fibrilose/lodo de esgoto). Nos substratos propostos a maior concentração foi do tratamento T5, sendo que à medida que a concentração da fibrilose na mistura aumentou o manganês aumentou a sua concentração.

**Figura 13** - Concentração de Potássio presentes nos substratos estudados.

Fonte: Autor.

**Legenda\*** T1 = 4,5 fibrilose para 5,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T2 = 5,5 de fibrilose para 4,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T 3=6,5 de fibrilose para 3,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T 4 = 7,5 de fibrilose para 2,5 de lodo de esgoto/ em litros.\*T5 =8,5 de fibrilose para 1,5 de lodo de esgoto. \*(Bio) Biplant , \*(org) Orgânico, \*(Fert) Fertiliza..

O potássio apresentou maior índice no solo orgânico e a menor quantidade no substrato T1, sendo que a medida do aumento da concentração de fibrilose nos substratos estudados, o teor de potássio aumentou (Figura 13). Em comparação com os substratos comerciais, o resultado mais próximo foi à dose T5. Estes aumentos dos elementos na medida em que se aumentava a concentração de fibrilose no substrato, indica uma maior concentração dos elementos neste material em relação ao lodo de esgoto, ou devido à decomposição dos materiais, uma maior disponibilidade biológica. A seguir a Tabela 5 apresenta a descrição dos demais elementos.

*Tabela 5 - Descrição dos demais elementos (As, Cd, Zn, Co) nos substratos estudados.*

Elementos	T1	T2	T3	T4	T5	Bio	Fert	Org
Arsênio	0	0	0	0	0	0,96	0,96	0,69
Cádmio	0	0	0	0	0	1,35	1,34	1,23
Zinco	1,97	1,97	1,97	1,97	1,98	1,97	1,98	2,02

Cobalto      0      0      0      0      0      1,02   0,33   0,89

---

Fonte: Autor.

**Legenda\*** T1 = 4,5 fibrilose para 5,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T2 = 5,5 de fibrilose para 4,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T 3=6,5 de fibrilose para 3,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T 4 = 7,5 de fibrilose para 2,5 de lodo de esgoto/ em litros.\*T5 =8,5 de fibrilose para 1,5 de lodo de esgoto.

Os resultados dispostos na Tabela 5 demonstram que os elementos citados estão em baixa concentração ou abaixo do limite de detecção do equipamento. Cabe ressaltar que o arsênio e o cádmio estão de acordo com a norma do MAPA.

#### 5.4 Características biológicas

O lodo de esgoto apresenta carga patogênica significativa, sendo que a presença de parasitas é comum, visto que os mesmos irão variar de acordo a realidade sanitária da população, sendo que cada estação de tratamento de esgoto tem a sua própria identidade. Silva (2007) apud Soccol Paulino (2006) cita que a quantidade de patógenos presentes no lodo de esgoto, depende das características econômicas da população que faz uso da rede coletora, bem como as indústrias e o processo utilizado para o tratamento. As características epidemiológicas da população tem ligação direta com a origem dos contaminantes. A caracterização patogênica do lodo de esgoto deve ser realizada para a melhor compreensão do material estudado. Na Tabela 6 apresenta-se à descrição dos principais contaminantes do lodo de esgoto, bem como as consequências desses para a saúde humana.

**Tabela 6** - Principais parasitas presentes no lodo de esgoto.

<b>Organismo</b>	<b>Doenças/ Sintomas</b>	<b>Hospedeiro</b>
<b>Bactérias</b>		
<i>Salmonella sp</i>	Gastroenterites com diarreia, dores e vômitos (raramente fatais), e intoxicações alimentares.	Quelônios, aves e mamíferos domésticos e selvagens

<i>Salmonella typhi</i>	Febre tifoide (endemia com 10 % de letalidade em casos não tratados e 2 a 3 % se tratada (USEPA)	Homem, mamíferos, aves domésticas e selvagens
<i>Salmonella sp</i>	Desintéria baciliar	
<i>Vibrio cholerae</i>	Cólera	
<i>Escherichia coli</i>	Gastroenterites e infecções urinárias	Homem e animais domésticos
<b>Vírus Entéricos</b>		
<i>Vírus Hepatite A</i>	Hepatite infecciosa	Outros primatas
<i>Enterovirus</i>	Meningite, encefalite, doenças respiratórias, conjuntivite hemorrágica aguda, febre	Homem
<b>Protozoários</b>		
<i>Cryptosporidium sp</i>	Gastroenterites	Homem e bovinos
<i>Entamoeba histolytica</i>	Enterite aguda- amebíase	Homem
<i>Giardia lamblia</i>	Giadíase	Homem, cães e gatos
<i>Balantidium coli</i>	Diarréia e desintéria	Homem e suínos
<i>Toxoplasma gondii</i>	Toxoplasmose	Gatos e homem
<b>Helmintos</b>		
<i>Áscaris lumbricoides</i>	Distúrbios digestivos e intestinais	Homem
<i>Áscaris suum</i>	Dores no peito, tosse e febre	Suínos
<i>Trichuris trichiura</i>	Dores abdominais, diarréia e anemia , perda de peso	Homem
<i>Necator americanos</i>	Anemia, emagrecimento	Homem
<i>Ancylostoma duodenale</i>	Anemia, emagrecimento	Homem

<i>Toxocara canis</i>	Febre, desconforto abdominal, dores musculares.	Cães e homem
<i>Taenia saginata</i>	Nervosismo, insônia, anorexia, dores abdominais, distúrbios digestivos	Homem e Bovinos
<i>Taenia solium</i>	Nervosismo, insônia, anorexia, dores abdominais, distúrbios digestivos	Homem e Bovinos
<i>Hymenolepis nana</i>	Teníase	Homem e artrópodes
<i>Hymenolepis diminuta</i>	Distúrbios digestivos	Roedores e artrópodes

Fonte: SOCOOL; PAULINO (2000) apud SILVA (2007) (Adaptação)

A utilização do lodo de esgoto na agricultura deve-se a eliminação de patógenos desse material, sendo que são utilizados vários métodos de higienização. Neste trabalho a eliminação tornou-se possível por meio do uso da autoclave laboratorial, seguindo a Tabela 7 que dispõe das temperaturas ideais para eliminação dos parasitas.

**Tabela 7** - Temperatura sugerida para eliminação dos parasitas.

<b>Organismos</b>	<b>Condição – Tempo de exposição</b>	<b>Temperatura letal</b>
<i>Salmonella sp</i>	Morte em 30 min 20 min	55- 60 ° C > 60 ° C
<i>Escherichia coli</i>	Morte 60 min 20 min	55 ° C > 60° C
<i>Shigella sp</i>	Morte em 60 min	55 ° c
<i>Taenia saginata</i>	Poucos min	55 ° c
<i>Necator americanos</i>	Morte 50 min	45 ° C
<i>Ovos Ascaris lumbricoides</i>	Morte < 60 min	> 50 ° C

Fonte: TCHOUBANOGLIOUS (1993) apud SILVA (2007) Adaptação

Na Tabela 8, encontra-se a descrição dos parasitas encontrados no lodo de esgoto da cidade de Teófilo Otoni, bem como a apresentação de alguns resultados de métodos proposto para eliminação dos patógenos fazendo o uso de três solventes, acetona (resíduo), Clorofórmio e Hexano com 400 mL, porém o mais eficaz foi por meio da esterilização térmica do material.

**Tabela 8** - Características parasitológicas do Lodo de Esgoto da cidade de Teófilo Otoni – MG.

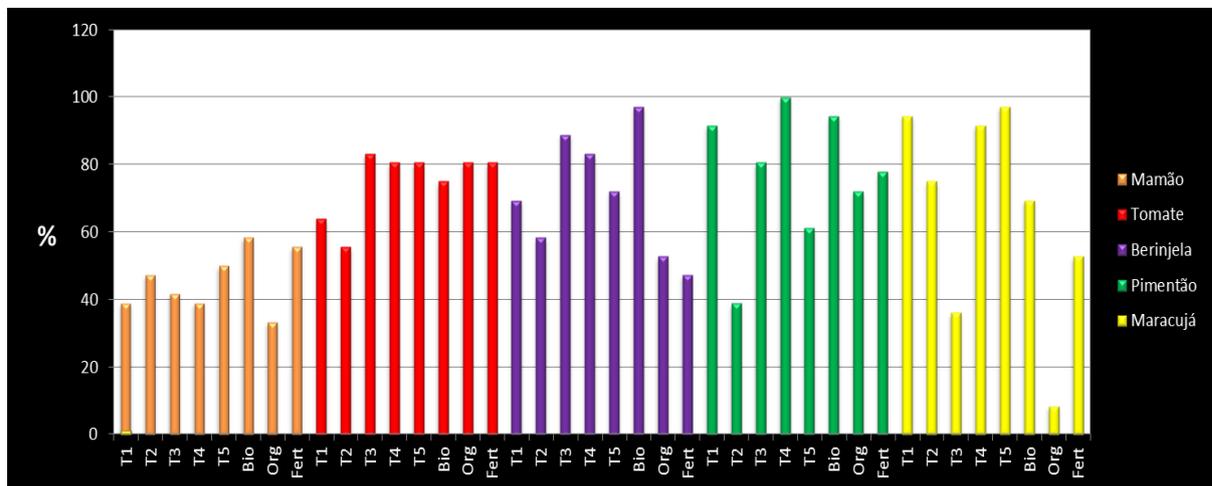
<b>Organismos</b>	<b>Material</b>	<b>Quantidad e Gramas (g)</b>	<b>Método</b>
Larvas de <i>Strongyloides</i> <i>Stercoralis</i>	Lodo bruto	50 g	HPJ e Microscopia direta
Larvas de <i>Strongyloides</i> <i>Stercoralis</i>	Lodo testado com Clorofórmio 400 ml	50 g	HPJ e Microscopia direta
Ovos da família Ancilostamati dae	Lodo testado com Clorofórmio 400 ml	50 g	HPJ e Microscopia direta
<i>Strongyloides</i> <i>Stercoralis</i>	Lodo testado com Hexano 400 ml	50 g	HPJ e Microscopia direta
Ovos de Enterobius Vermicularis	Lodo testado com Hexano 400 ml	50 g	HPJ e Microscopia direta

Ovos de Ascaris Lumbricóides	Lodo testado com Acetona (resíduo) 100 ml	50 g	HPJ e Microscopia direta
Larvas de Ancilostomíde os	Lodo testado com Acetona (resíduo) 100 ml	50 g	HPJ e Microscopia direta
Ausente	Lodo de esgoto autoclavado I e II	100 g	HPJ e Microscopia direta

Fonte: Autor.

## 5.5 Análises Fitotécnicas

**Figura 14** - Índice de sobrevivência das espécies.



Fonte: Autor.

**Legenda\*** T1 = 4,5 fibrilose para 5,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T2 = 5,5 de fibrilose para 4,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T3=6,5 de fibrilose para 3,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T 4 = 7,5 de fibrilose para 2,5 de lodo de esgoto/ em litros.\*T5 =8,5 de fibrilose para 1,5 de lodo de esgoto. \*(Bio) Biplant, \*(org) Orgânico, \*(Fert) Fertiliza.

No índice de sobrevivência das espécies (Figura 14) o tomate apresentou melhor desempenho quando avaliado no tratamento T3 (Fibrilose/Lodo de Esgoto), com representatividade de 83,3% de índice de sobrevivência. Em seguida obtiveram-se alguns picos semelhantes com representatividade de 80,6%, sendo o tratamento T4, Bioplant (bio), Fert (fertiliza) e Orgânico (Org), os melhores desempenhos dos substratos comerciais testados. Com relação ao tratamento que teve menor índice de sobrevivência, destacou-se o T2.

A Berinjela apresentou maior índice de sobrevivência no substrato Bioplant, com cerca de 97,2%, sendo este o melhor desempenho dos substratos comerciais testados e o tratamento T3 com 88,9% e T4 com 83,3%. O menor índice foi representado pelo composto orgânico Fertiliza com 47,2% e substrato orgânico com 52,8%. Cabe ressaltar que todas as doses de substratos propostas ultrapassaram a casa dos 50% com relação ao índice de sobrevivência.

O pimentão teve 100% de germinação no tratamento T4, seguido de 94,4% no substrato Bioplant e na dose T1 com 91,7%. O menor valor foi de 38,9% representando no tratamento T2, sendo que este tratamento foi o único abaixo dos 50%. O melhor desenvolvimento dos comerciais foi representado pelo substrato comercial Bioplant.

As plântulas de maracujá, obtiveram maior índice de sobrevivência, representado pelo tratamento T5 com cerca de 97,2%, seguido do tratamento T1 com 94,4% e T4 com 91,7 %, sendo que o pior resultado dos substratos comerciais foi o composto orgânico com cerca de 8,3%, sendo esse representado pelo menor índice dos substratos comerciais.

O mamão apresentou o menor índice de sobrevivência entre as culturas testadas. O melhor desempenho das plantas com cerca de 58,3% ocorreu com o substrato comercial Bioplant, seguido do composto orgânico Fertiliza 55,6% e 50% na mistura T5. O menor índice de sobrevivência foi obtido no solo orgânico 33,3%. Portanto, comparando as culturas avaliadas, o maior rendimento com relação à taxa de sobrevivência foi o maracujá seguido pelas culturas do tomate e berinjela.

Tabela 9 - Correlação de metais com índice de Sobrevivência.

	Mamão	Tomate	Berinjela	Pimentão	Maracujá
Alumínio	-0,1001	0,4927	0,0196	-0,1848	0,2149
Ferro	-0,4387	0,4215	-0,2446	-0,3446	-0,1233
Cobre	0,2818	0,1906	-0,245	-0,2558	0,4326

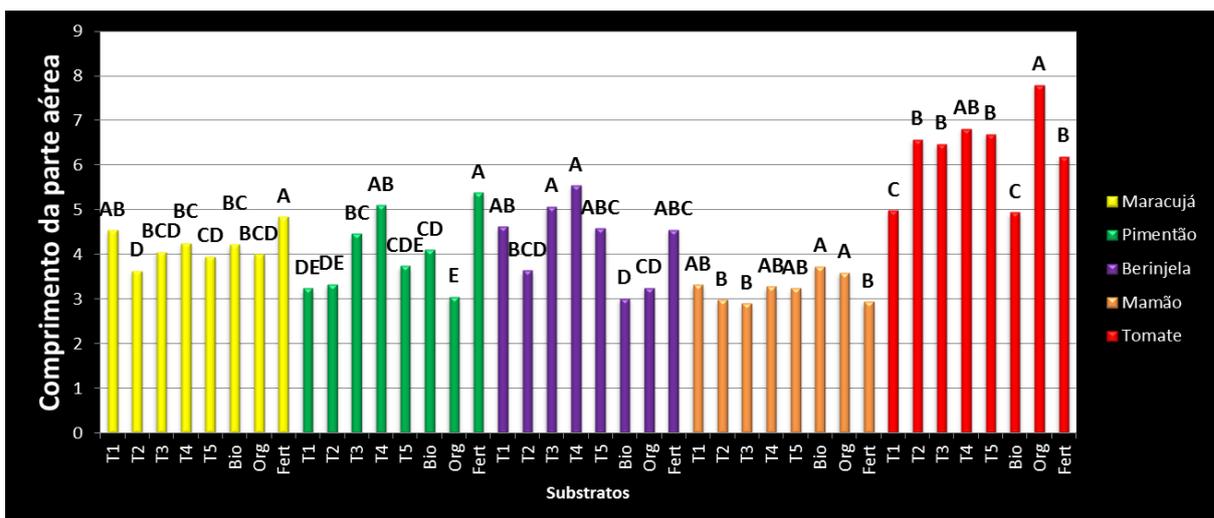
Cálcio	-0,3168	0,0584	0,2093	0,2385	0,5444
Chumbo	-0,0831	0,0531	0,0436	-0,3242	0,5562
Manganês	0,1116	0,4384	-0,7061*	-0,2043	-0,3206
Potássio	-0,0038	0,04431	-0,5292	-0,02355	-0,7296*

Fonte: Autor.

\*Significativo a 5% de probabilidade

Observando a Tabela 9, procurou-se correlacionar o teor dos elementos nos substratos com o índice de sobrevivência das mudas das plântulas, visando verificar algum tipo de efeito negativo em função das concentrações. Apenas a correlação da cultura da berinjela com o manganês e o potássio com o maracujá apresentaram correlação significativa e negativa, indicando que quanto maior era a concentração destes elementos, menor foi a sobrevivência das plântulas de berinjela e maracujá indicando um efeito osmótico ou de toxidez. Os demais valores de correlação mostraram-se baixos ou médios em alguns casos, mas sem significância estatística.

**Figura 15** - Comprimento da parte aérea das espécies, em centímetros, cultivadas em diferentes substratos orgânicos.



Fonte: Autor.

**Legenda\*** T1 = 4,5 fibrilose para 5,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T2 = 5,5 de fibrilose para 4,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T 3=6,5 de fibrilose para 3,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T 4 = 7,5 de fibrilose para 2,5 de lodo de esgoto/ em litros.\*T5 =8,5 de fibrilose para 1,5 de lodo de esgoto. \*(Bio) Biplant, \*(org) Orgânico, \*(Fert) Fertiliza.

As plântulas de maracujá apresentaram um comportamento diferenciado em relação aos diferentes substratos testados no crescimento da parte aérea (Figura 15). Verificou-se que quando utilizados solos orgânico como substrato, as plantas apresentaram um crescimento mais efetivo em relação aos demais, próximo a cinco centímetros, com exceção do tratamento onde se utilizou o substrato produzido da decomposição química de resíduo de fibrilose e lodo de esgoto na proporção T1 (fibrilose/lodo de esgoto). Para os demais substratos testados os valores de comprimento ficaram em torno de quatro centímetros, variando entre 4,22 e 3,63 centímetros.

Já Siqueira et al (sd), pesquisaram sobre uso de substratos alternativos no desenvolvimento de mudas de maracujá (*Passiflora* var Golden Star), sendo que a variação desse substrato foi composta também por substratos comerciais e não comerciais, sendo estes: Organoamazon, palha de arroz in natura, palha de arroz carbonizada, pó de serra, vermicompostos e solo em 18 proporções diferentes. Houve diferenças significativas nas variáveis analisadas, com relação ao comprimento médio das plantas.

DE Souza et al (2006), realizaram uma pesquisa com base no efeito do substrato no enraizamento de estacas do maracujá, em diferentes proporções de vermiculita e casca de arroz carbonizada, sendo que o comportamento com relação ao comprimento da espécie foi quadrático, com variação do substrato composto com 50% de vermiculita.

Já Freitas et al (2014), realizaram uma pesquisa com diferentes compostos orgânicos em mudas de maracujazeiro. Os substratos tinham em sua composição areia, esterco bovino e esterco de aves, analisados em diferentes proporções. A semeadura ocorreu em sacos próprios para o cultivo de mudas e foram analisados os parâmetros altura e desenvolvimento das mudas, sendo que no tratamento composto de 30% de esgoto bovino, obtiveram-se uma média de 10 cm de altura, o tratamento composto de 50% esterco bovino, chegou a 7 cm de altura e os tratamentos 30 % e 50% de esterco de aves, obtiveram uma média de quatro e cinco centímetros de altura respectivamente, sendo os resultados obtidos no decorrer de quinze dias após a germinação.

Os resultados de Freitas et al (2014), apresentaram algumas semelhanças com o presente estudo, com relação a altura, pois o melhor resultado encontrado com a mistura de lodo e fibrilose e com um substrato comercial chegaram a aproximadamente cinco centímetros de altura, e os tratamentos T3 e T4, apontaram semelhanças com os demais resultados.

Avaliando os efeitos dos diferentes substratos no desenvolvimento da plântula de pimentão, verifica-se que o comprimento da parte aérea foi beneficiada pelo uso do composto

orgânico Fertiliza com 5,4 centímetros, seguido pelo substrato T4 (fibrilose/lodo de esgoto), com 5,1 centímetros sendo estatisticamente superior aos demais tratamentos. O solo orgânico apresentou o resultado numérico mais baixo indicando que, provavelmente, apesar de possuir altas concentrações de matéria orgânica estabilizada, a presença de substâncias tóxicas como os ácidos orgânicos podem estar presentes e comprometendo o desenvolvimento da parte aérea das plântulas de pimentão.

Ferreira et al (2014) realizaram uma pesquisa utilizando vermicompostos a base de esterco bovino na forma de substratos para a produção de berinjela e pimentão no decorrer de vinte e cinco dias. Dentre os parâmetros analisados, está a altura da planta. No pimentão foram encontrados em duas doses testadas os melhores resultados com cerca de 11,02 centímetros e os menores resultados ficaram na média de 9,60 centímetros de altura.

Já Braga et al (2002), realizaram uma pesquisa utilizando substrato a base de coco verde misturado em diferentes proporções e substrato comercial Plantmax, sob o sistema de fertirrigação, em um período de noventa dias. Com relação a altura da parte aérea, o maior resultado dos substratos testado foi de 5,95 com irrigação e 3,67 sem irrigação, resultados próximos ao encontrados no presente estudo.

Em relação ao desempenho inicial das plântulas de berinjela nos diferentes substratos testados avaliando a variável comprimento da parte aérea (Figura 15), verifica-se o melhor desempenho das plântulas quando cultivadas inicialmente nos substratos compostos por diferentes proporções de fibrilose e lodo de esgoto T3 e T4, com 5,07 e 5,55 centímetros, respectivamente, sendo superior ao desempenho das plantas desenvolvidas nos substratos comercial Bioplant e composto orgânico Fertiliza. Comparando o tratamento T4 (Fibrilose/lodo de esgoto) de melhor desempenho com o substrato comercial Bioplant, observa-se um crescimento das plantas, em média, 45,6% superior.

Ferreira et al (2014), também pesquisaram este parâmetro, sendo que a os maiores desempenhos foram: 11,26 e 11,40 centímetros e as menores médias obtidas foram 8,012 centímetros. Já Bardivieso et al (2015), estudando a altura da berinjela verde em intervalos de tempos, foi encontrado os maiores desempenhos entre 11 e 11,02 centímetros no decorrer de trinta dias e o menor resultado foi de 8,9 centímetros, resultados significativos.

A cultura do mamão foi também avaliada em relação ao desenvolvimento fitotécnico nos diferentes substratos. Em relação à altura das plantas, verifica-se um melhor desempenho das mesmas quando semeadas nos substratos orgânicos. Bioplant 3,73 centímetros, seguido do solo orgânico com 3,59 centímetros, diferenciando-se estatisticamente dos tratamentos T2

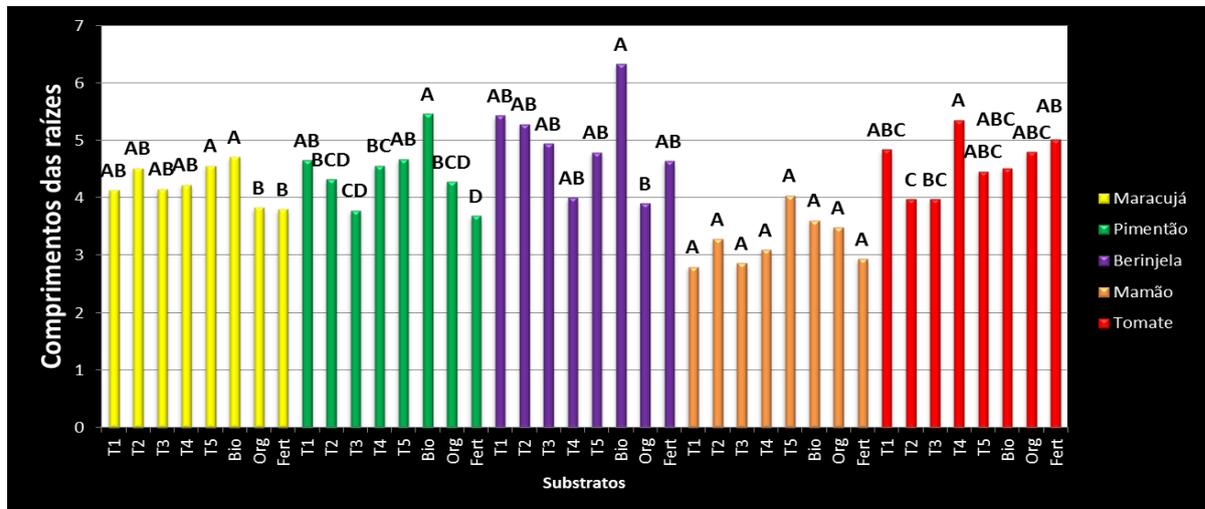
e T3, com valores inferiores a 3,00 centímetros e solo orgânico. Os demais substratos produzidos a partir de fibrilose e lodo de esgoto apresentaram comportamento estatístico semelhantes.

Melo et al (2007), realizaram um estudo com produção de mudas de mamoeiro usando diferentes substratos, sendo analisadas no decorrer de sessenta dias. Foram estudadas cinco proporções de substratos a base de esterco de galinha, casca de arroz carbonizada e terra vegetal. Ao analisar a altura das plantas podem-se identificar diferenças no desempenho das mudas.

As plântulas de tomate também apresentaram comportamento diferenciado de desenvolvimento em função do tipo de substrato utilizado na variável comprimento da parte aérea (Figura 15). Verifica-se que o melhor desempenho das plantas ocorreu no substrato solo orgânico, com comprimento médio das plântulas de 7,8 centímetros, superior estatisticamente a praticamente todos os demais tratamentos, com exceção do substrato T4. Os piores desempenhos das plantas nesta avaliação ocorreu no tratamento T2 e substrato comercial Bioplant com comprimento médio da parte aérea de 4,94 centímetros. Esperava-se um desempenho melhor das plantas em relação ao substrato comercial considerando que, o produto foi amplamente testado antes de ser liberado para comercialização.

Já Medeiros et al (2013), pesquisaram sobre a qualidade de mudas de tomate testadas em diferentes substratos e irrigadas com efluente de piscicultura e água de poço. O estudo ocorreu com substrato Plantmax, composto orgânico e areia lavada, com quatro repetições no decorrer de 24 dias após a germinação. O suporte usado para plantio de mudas foram bandejas de isopor. Com relação a altura da espécie foi encontrado valores entre 15,6 centímetros e 6,7 centímetros, indicando diferenciação no comportamento dos ensaios avaliados.

**Figura 16** - Comprimento das raízes das plântulas, em centímetros, cultivadas em diferentes substratos orgânicos.



Fonte: Autor.

**Legenda\*** T1 = 4,5 fibrilose para 5,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T2 = 5,5 de fibrilose para 4,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T3=6,5 de fibrilose para 3,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T4 = 7,5 de fibrilose para 2,5 de lodo de esgoto/ em litros.\*T5 =8,5 de fibrilose para 1,5 de lodo de esgoto. \*(Bio) Biplant, \*(org) Orgânico, \*(Fert) Fertiliza.

Na avaliação de crescimento das raízes das plântulas de maracujá (Figura 16), verificamos um comportamento distinto em relação à avaliação da parte aérea. Os melhores resultados foram obtidos nos tratamentos onde os substratos foram T5 e substrato comercial Bioplant que apresentaram crescimento entre 4,56 e 4,71 centímetros respectivamente, em relação ao composto orgânico Fertiliza e solo orgânico, com valores de 3,80 e 3,83 centímetros respectivamente. Estas diferenças podem estar associadas às características físicas e químicas dos substratos considerando que o Bioplant já é comercializado como substrato. Enquanto o tratamento T5 (8,5:1,5) (fibrilose:lodo de esgoto), provavelmente devido a maior presença de fibra curta de celulose aumentou a porosidade do substrato favorecendo o crescimento das raízes.

Siqueira et al (sd), também estudaram este parâmetro em pesquisas com diferentes composição de substratos a base de vermiculita e solo, os mesmos encontraram desenvolvimento radicular que variaram entre 22,62 e 25,55 centímetros, no decorrer de sessenta dias. Comparando-os com resultados de Mendonça et al (2006) apud Siqueira et al (sd), o comprimento da raiz chegou a 17,02 centímetros. Já Souza et al (sd), em sua pesquisa encontrou comportamento quadrático com relação ao crescimento da raiz, sendo que o numero de raízes não teve variação significativa nos diferentes substratos estudados.

No desenvolvimento do comprimento das raízes do pimentão, verifica-se que os melhores resultados foram obtidos com o substrato comercial Bioplant, substrato desenvolvido exclusivamente para a produção de mudas, mas que promoveu um desenvolvimento de raiz semelhante para as plântulas cultivadas nos substratos T1 4,6 e T 5 5,7 centímetros T1 e T5 (Fibrilose/lodo de esgoto).

Estes resultados indicam o potencial que a mistura decomposta de fibrilose e lodo de esgoto possui para ser utilizada no processo de produção de mudas. O substrato Fertiliza promoveu um menor desenvolvimento das raízes das plântulas de pimentão, diferente do ocorrido no comprimento da parte aérea, indicando uma potencial translocação das raízes para a parte aérea de água e nutrientes, mas tendo o desenvolvimento do sistema radicular comprometido provavelmente devido a menor porosidade deste substrato em relação aos substratos orgânicos.

Braga et al (2002), encontram em suas pesquisas 11,80 centímetros de desenvolvimento do sistema radicular, tratado por fertirrigação e o sem tratamento com 10,40 centímetros. Comparado com comercial tratado por fertirrigação que atingiu comprimento de raiz de 13,00 centímetros e sem de 12,09 centímetros, os resultados foram bastantes significativos comparado ao desempenho do sistema radicular analisado no presente trabalho.

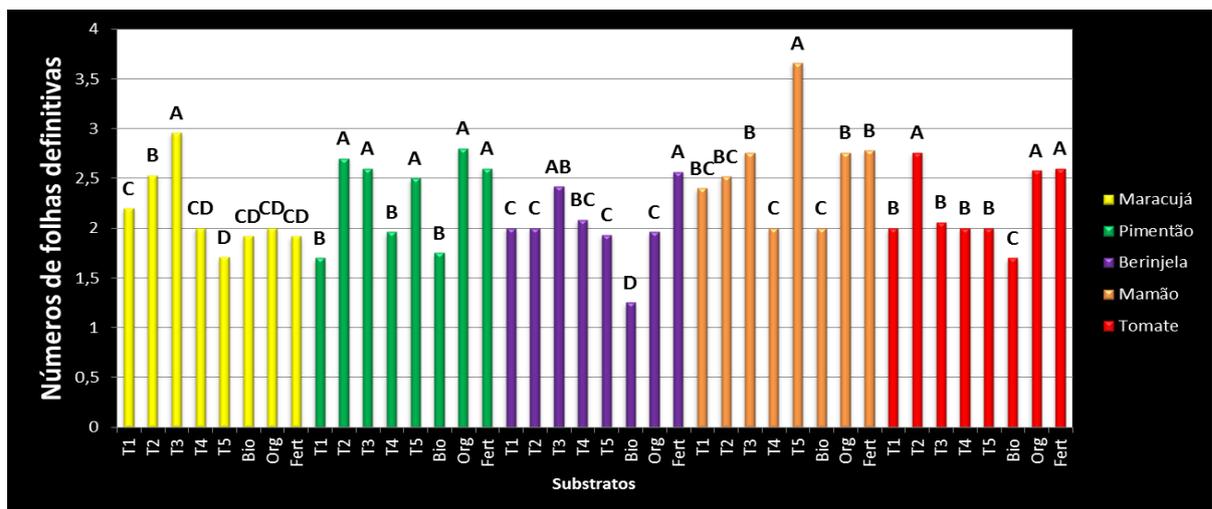
No comprimento das raízes da berinjela, o desempenho das plantas no substrato comercial Bioplant 6,33 centímetros, apresentou o melhor resultado, seguido do Tratamento T1 com 5,43 centímetros, porém com o melhor desempenho sendo estatisticamente igual aos demais tratamentos, com exceção do tratamento solo orgânico. Todos os tratamentos onde foram utilizados fibrilose e lodo de esgoto como substrato, apesar de apresentarem valores numéricos absolutos inferiores de crescimento de raiz em relação ao substrato Bioplant, apresentaram comportamento estatisticamente igual, demonstrando que esta diferença ocorreu mais devido as variações não controladas do que a fatores relacionados aos tratamentos.

No comprimento da raiz do mamão, apesar da inexistência de diferenças estatísticas, verifica-se uma tendência de melhor desempenho de crescimento no tratamento T4 de 4,04 centímetros, seguido Bioplant com 3,61 centímetros em relação aos demais. Quando comparado ao substrato comercial, o desempenho das raízes foi 13,6% superior indicando novamente o potencial deste substrato preparado na melhoria de desempenho das plantas. O menor desenvolvimento das raízes foi obtido nos tratamentos T1 e T3 com cerca de 2,8 centímetros.

Melo et al (2007), encontraram para esta variável valores entre 19,53 e 19,18 centímetros de melhor desempenho e o menor de 8,40 centímetros. Cabe ressaltar que os melhores resultados foram obtidos com substratos a base de esterco, casca de arroz e terriço.

Em relação ao comprimento das raízes do tomate, verifica-se um comportamento mais uniforme da planta em relação aos tratamentos utilizados. O tratamento que apresentou melhor resultado foi o substrato T4, com valores de 5,36 centímetros, diferindo estatisticamente apenas dos tratamentos T2 e T3 com valores médios de 3,98 centímetros para ambos. Estes resultados indicam mais uma vez, o potencial de uso do lodo de esgoto e da fibrose como matéria prima para produção de substratos para as plantas. Medeiros et al (2013), quando avaliaram o crescimento da raiz do tomate, obtiveram maiores desempenhos em condições a base de fertirrigação.

**Figura 17** - Folhas definitivas, em centímetros, cultivadas em diferentes substratos orgânicos.



Fonte: Autor.

**Legenda\*** T1 = 4,5 fibrilose para 5,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T2 = 5,5 de fibrilose para 4,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T3=6,5 de fibrilose para 3,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T4 = 7,5 de fibrilose para 2,5 de lodo de esgoto/ em litros.\*T5 =8,5 de fibrilose para 1,5 de lodo de esgoto. \*(Bio) Biplant, \*(org) Orgânico, \*(Fert) Fertiliza.

Em relação ao número de folhas definitivas das plântulas de maracujá, (Figura 17) verifica-se um comportamento bastante distinto em relação aos tratamentos avaliados. O tratamento que favoreceu o desenvolvimento de folhas definitivas de forma mais efetiva foi o T3 em relação aos demais tratamentos com quase três folhas definitivas formadas por planta. Os demais tratamentos como o T4, T5, substrato comercial Bioplant, composto orgânico Fertiliza e solo orgânico apresentaram valores abaixo de duas folhas definitivas por planta.

Provavelmente as maiores disponibilidades de nutrientes nestes três últimos tratamentos citados permitiram um crescimento mais lento das folhas com uma taxa fotossintética mais eficiente por área foliar ou ocorreu uma restrição por conta do desenvolvimento das raízes. No caso dos tratamentos com fibrilose em elevada concentração e lodo de esgoto o fator limitante pode ser a elevada relação C/N dos substratos que retardaram a liberação de nutrientes para as plantas, o crescimento da parte aérea e desenvolvimento das folhas.

Siqueira et al (sd), encontram em sua pesquisa com diferente substratos, variação referente ao número médio de folhas. Já Freitas et al (2014) obtiveram um melhor resultado com o substrato composto por 30% de esterco bovino, que resultou em uma média de 8 folhas por planta.

Em relação ao número de folhas definitivas do pimentão, verifica-se a formação de dois grupos distintos em relação à significância estatística. O tratamento com composto orgânico Fertiliza, apesar de ter promovido um baixo desempenho da parte aérea das plantas, apresentou um excelente resultado no desenvolvimento das folhas. Os tratamentos T3, T4 e solo orgânico também estimularam a formação de folhas definitivas em relação aos demais tratamentos, o mesmo não ocorrendo com o substrato comercial Bioplant.

Ferreira et al (2014), também analisaram o número de folhas do pimentão em suas pesquisas e apresentaram os menores valores variando entre 2,940 e 3,160 por planta. Já Braga et al (2002), com relação ao número de folhas, obteve em teste com fertirrigação 8,0 folhas/planta e sem fertirrigação cerca de 4,85 folhas/planta.

Inversamente ao ocorrido na avaliação anterior do comprimento das raízes da berinjela, verifica-se que na variável número de folhas definitivas, o substrato comercial Bioplant não favoreceu o desenvolvimento das folhas definitivas nesta fase inicial, com valores médios de 1,25 folha por plântula, sendo, inclusive, estatisticamente inferior a todos os demais tratamentos testados. Os melhores desempenhos no processo de formação de folhas definitivas foi observado nos tratamentos com composto orgânico Fertiliza com 2,56 folhas por planta e o tratamento T3 com 2,42 folhas definitivas por planta.

Bardivieso et al (2015), em estudos com a berinjela, encontrou valores para o número de folhas de 11 e 11,2 por planta e o menor resultado de 8,9 folhas por planta no decorrer de um mês, sendo que foram utilizados diferentes proporções de esterco bovino e húmus de minhoca.

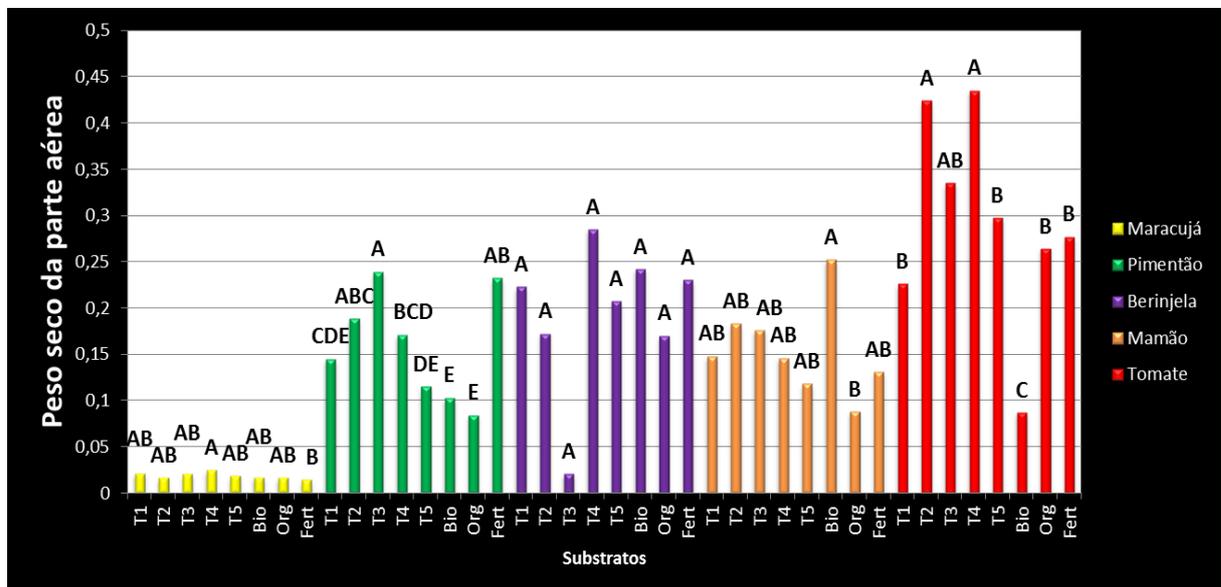
Em relação ao número de folhas definitivas mamão, destaque novamente para o tratamento onde foi utilizado o substrato preparado de fibrilose e lodo de esgoto T5, estatisticamente superior a todos os demais tratamentos testados com valor médio de 3,66

folhas definitivas por plântula. Os menores desempenhos foram obtidos nos tratamentos T4 e substrato comercial Bioplant, com média de duas folhas por plântula, valores 45,3% inferior ao melhor tratamento. O comportamento das plantas nos substratos composto orgânico Fertiliza e solo orgânico apresentaram valores intermediários em relação ao número de folhas definitivas.

Melo et al (2007), obteve no número de folhas definitivas 12,63 e 12,35 centímetros, fator este que pode ser justificado devido ao uso do substrato a base de esterco de franco.

Considerando o número de folhas definitivas tomate (Figura 17), ocorreu um destaque para três tratamentos que apresentaram melhor desempenho de desenvolvimento em relação aos demais tratamentos. Os melhores desempenhos foram com a utilização dos substratos T2 com 2,7 folhas por plântula, e composto orgânico Fertiliza e solo orgânico com índices de folhas definitivas superiores a 2,5 por plântula. O destaque negativo foi observado no tratamento com o substrato comercial Bioplant, onde o número médio de folhas definitivas das plantas foi de 1,7 folha, 38% inferior aos valores obtidos pelas plantas no tratamento de melhor desempenho.

**Figura 18** - Peso seco da parte aérea, em gramas, das espécies cultivadas em diferentes substratos orgânicos.



Fonte: Autor.

**Legenda\*** T1 = 4,5 fibrilose para 5,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T2 = 5,5 de fibrilose para 4,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T3=6,5 de fibrilose para 3,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T4 = 7,5 de fibrilose para 2,5 de lodo de esgoto/ em litros.\*T5 =8,5 de fibrilose para 1,5 de lodo de esgoto. \*(Bio) Bioplant, \*(org) Orgânico, \*(Fert) Fertiliza.

No peso seco da parte aérea do maracujá (Figura 18) verifica-se um comportamento diferenciado dos valores. Com a secagem das plantas os valores se apresentaram mais próximos, obtendo-se diferença significativa apenas entre o tratamento T4 (fibrilose/lodo de esgoto) que apresentou valores superiores de peso seco em relação ao tratamento onde foi utilizado solo orgânico como substrato. Os resultados novamente indicam o potencial do substrato produzido com fibrilose e lodo de esgoto na produção de mudas das plantas.

O peso seco da parte aérea do pimentão que avalia de forma mais precisa o potencial de acúmulo de fotoassimilados pelas plantas na sua estruturação e desenvolvimento apresentou valores mais elevados no tratamento T3, seguido pelo tratamento composto orgânico Fertiliza. Os piores resultados foram obtidos com os tratamentos substrato Bioplant e solo orgânico. Estes resultados indicam que os componentes orgânicos destes compostos, apesar de ricos em nutrientes, comprometeram o processo fotossintético das plantas e, conseqüentemente, o acúmulo de compostos orgânicos.

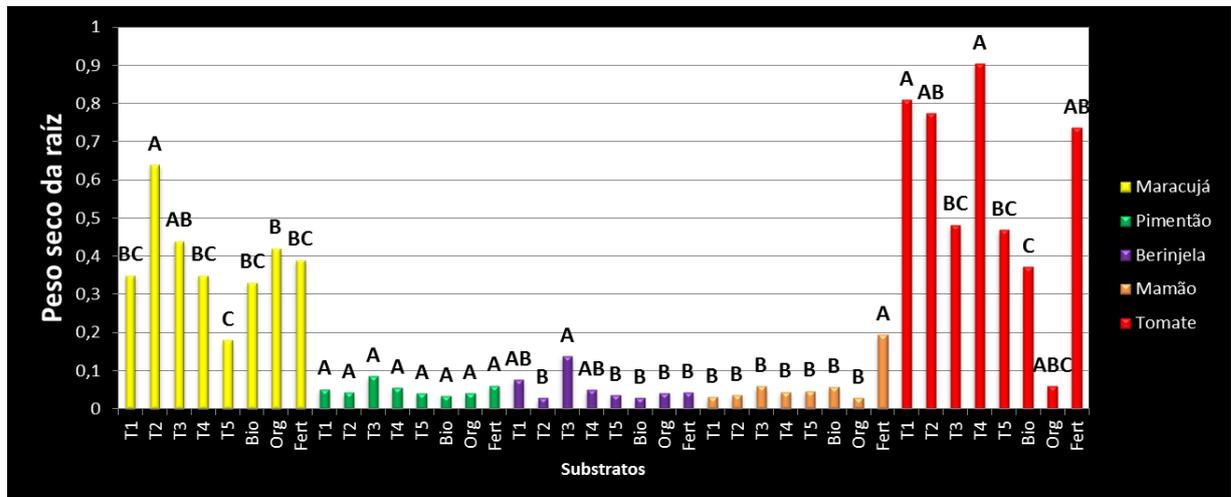
No peso seco da parte aérea, da berinjela, apesar de não verificar diferenças estatísticas significativas, observa-se uma tendência de melhor desempenho do tratamento T4 seguido do tratamento onde foi utilizado o substrato comercial Bioplant.

Em relação ao peso seco da parte aérea das plântulas de mamão, observa-se um melhor desempenho de acúmulo de massa no tratamento com substrato comercial Bioplant, com 0,25 grama, superior estatisticamente aos demais tratamentos. Em relação aos demais tratamentos, os substratos T2 e T3 apresentaram uma tendência de acúmulo de massa nas raízes superior em relação aos tratamentos restantes.

Já Melo et al (2007), encontraram resultados entre 1,72 e 0,46 grama, fato justificado devido o melhor desenvolvimento das plantas com substrato de esterco de galinha em relação ao substrato a base de casca de arroz carbonizada.

Avaliando-se o peso seco da parte aérea do tomate, verifica-se uma grande discrepância nos resultados em relação a esta estrutura vegetal. O melhor desempenho das raízes foi verificado nos tratamentos onde foram utilizados os substratos T4 e o pior no tratamento com substrato comercial Bioplant. Estes resultados são extremamente discrepantes considerando que o substrato comercial Bioplant já está no mercado e deveria apresentar um desempenho satisfatório em relação as plantas e seu desenvolvimento.

**Figura 19** - Peso seco das raízes, em gramas, das plântulas cultivadas em diferentes substratos orgânicos.



Fonte: Autor.

**Legenda\*** T1 = 4,5 fibrilose para 5,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T2 = 5,5 de fibrilose para 4,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T3=6,5 de fibrilose para 3,5 de lodo de esgoto/ em litros.\* T4 = 7,5 de fibrilose para 2,5 de lodo de esgoto/ em litros.\*T5 =8,5 de fibrilose para 1,5 de lodo de esgoto. \*(Bio) Biplant, \*(org) Orgânico, \*(Fert) Fertiliza.

Os tratamentos que se destacaram no desenvolvimento do peso seco da parte aérea do Maracujá, não apresentaram o mesmo desempenho no peso seco das raízes (Figura 19). Verifica-se que o melhor desempenho foi obtido no tratamento T3 e que apresentou diferença estatística significativa apenas em relação ao tratamento solo orgânico. Os demais tratamentos apresentaram valores estatisticamente semelhantes. O equilíbrio entre composição nutricional do substrato e macroporosidade para desenvolvimento das raízes devem ter atuado de forma positiva para o melhor desenvolvimento das raízes no tratamento T3 em relação ao solo orgânico que pode ser que a sua maior densidade e menor porosidade pode ter comprometido o desenvolvimento das raízes, apesar do elevado nível de nutrientes minerais.

O peso seco da raiz do pimentão, apresentou desempenho semelhante a parte aérea, mostrando a interação fisiológica entre as duas estruturas com o melhor tratamento no desempenho das plântulas sendo observado para o T3 (Fibrilose/lodo de esgoto) seguido pelo composto orgânico Fertiliza, apesar da não observação de diferenças estatísticas entre os tratamentos. Neste caso podemos observar novamente o potencial de uso do substrato produzido com fibrilose e lodo de esgoto na preparação de mudas de espécies cultivadas. O substrato T3 e Fertiliza apresentaram uma tendência de melhor desenvolvimento de sistema

radicular. Dentre os estudos dos substratos, pode-se dizer que o desenvolvimento radicular do pimentão, apresentou valores muito baixos. Provavelmente os substratos não apresentaram condições satisfatórias para o desenvolvimento da espécie.

Estudos realizado por Ferreira et.al (2014), apontaram uma média de 0,081 gramas no peso seco das raízes, com os menores valores entre 0,061 e 0,057 grama, e os maiores de 0,101 grama.

No peso seco das raízes da berinjela, verifica-se que praticamente todos os tratamentos apresentaram comportamento estatisticamente iguais com exceção do tratamento T3 em que o desempenho das raízes foi superior aos tratamentos com produtos comerciais como solo orgânico, composto orgânico Fertiliza e o substrato comercial Bioplant. Em relação a este último tratamento citado, os valores de peso seco das raízes foram cinco vezes superior, demonstrando o excepcional favorecimento da presença da fibrilose e do lodo de esgoto.

No peso seco das raízes de Mamão o destaque ficou por conta do tratamento onde foi utilizado o composto orgânico Fertiliza com 0,19 grama com resultados superiores aos demais tratamentos que apresentaram um comportamento muito uniforme. Provavelmente a presença de algum fito hormônio específico estimulou, e muito, o desenvolvimento das raízes desta cultura. Os menores valores foram obtidos nos tratamentos T1 e T2 com 0,03 grama.

Avaliando-se o peso seco das raízes do tomate, verifica-se novamente discrepância nos resultados em relação a planta e aos substratos. Os melhores desempenhos das raízes foram verificados nos tratamentos utilizando fibrilose e lodo de esgoto (T1 e T4) com 0,81 e 0,90 grama, respectivamente. O pior desempenho foi obtido com o substrato comercial Bioplant, com 0,05 grama. Por alguma razão as plantas de tomate não se adaptaram satisfatoriamente ao substrato comercial. Este comportamento pode ser uma resposta a presença de algum composto orgânico neste substrato que comprometeu o desempenho das plantas de tomate, mais sensíveis, como os ácidos orgânicos.

## 6 CONCLUSÃO

O presente trabalho mostrou-se de extrema importância, visto que o mesmo consistiu de uma pesquisa inovadora sobre diversos substratos propostos com lodo e fibrilose em proporções diferentes. Com os resultados obtidos nesta pesquisa podemos chegar as seguintes conclusões:

- A estabilização da decomposição dos materiais orgânicos (fibrilose e lodo de esgoto), foi obtido a partir dos 35 dias de decomposição;
- Em relação aos metais zinco, cobre, cádmio e chumbo, os materiais orgânicos estavam dentro das especificações da Resolução CONAMA 375/2006;
- Os substratos desenvolvidos apresentaram níveis elevados de macro e micronutrientes minerais em relação aos compostos comerciais testados;
- Os índices de sobrevivências das plântulas foi diferenciado entre as espécies testadas, mas na maioria dos casos, superiores aos valores obtidos com os compostos comerciais testados;
- A elevação do nível de potássio nos substratos testados reduziu a sobrevivência das plantas de maracujá e a elevação do nível de manganês reduziu a sobrevivência das plantas de berinjela,
- Em relação ao desenvolvimento fitotécnico das plantas, observou-se um comportamento muito diferenciado indicando uma adequação específica das espécies testadas para cada substrato;
- De modo geral, o desempenho fitotécnico das plântulas cultivadas no substrato desenvolvido com fibrilose e lodo de esgoto foi igual ou superou ao desenvolvimento das plântulas nos diferentes materiais orgânicos comerciais testados.



## 7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEL, A. M. et al. **Microfibrillated cellulose from agricultural residues**. Part I: Papermaking application. *Industrial Crops and Products*, v. 93, p. 161-174, 2016.

ANDREOLI, C. et al. **Lodo de esgotos: tratamento e disposição final**. In: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. DESA/UFMG, 2001.

ANHAIA, S. A. F. **Reaproveitamento de resíduos gerados na fabricação de celulose e papel como substrato na hidroponia para a cultura de alface (*Lactuca sativa*)**. *Revista TechnoEng*, v. 1, n. 5, 2015.

ARANEDA, M. et al. **Use of activated sludge biomass as an agent for advanced primary separation**. *Journal of Environmental Management*, v. 192, p. 156-162, 2017.

BARDIVIESSO, E. M. et al. **Crescimento de berinjela verde em diferentes substratos**. *Revista de Agricultura Neotropical*, v. 1, n. 1, p. 17-25, 2015.

BOECHAT, C.L. et al. **Initial Growth of Yellow Passion Fruit Seedlings in Substrate Composed Of Pulp Mill Sludge and Cattle Manure**. *Revista Caatinga*, v. 26, n. 1, p. 1-8, 2013.

BRAGA, D. O. et al. **Produção de mudas de pimentão em diferentes substratos a base de fibra de coco verde sob fertirrigação**. *Horticultura Brasileira*, v. 20, n. 4, p. 533-536, 2002.

BRASIL. **Lei N° 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n° 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato20072010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato20072010/2010/lei/112305.htm)>. Acesso em: 13 abr. 2016.

BRASIL. **Lei N° 1980**. Dispõe sobre a inspeção e a fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, remineralizadores e

substratos para plantas, destinados à agricultura, e dá outras providências”. 1980. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/1980-1988/L6894.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/1980-1988/L6894.htm)>. Acesso: 12/03/16.

CHARLTON, A. et al. **Long-term impact of sewage sludge application on soil microbial biomass: An evaluation using meta-analysis**. Environmental Pollution, v. 219, p. 1021-1035, 2016.

CHOI, O. K. et al. **Biodiesel production from wet municipal sludge: Evaluation of in situ transesterification using xylene as a cosolvent**. Bioresource technology, v. 166, p. 51-56, 2014.

CHUEIRI, W. A. et al. **Lodo de esgoto e fertilizante mineral sobre parâmetros do solo e de plantas de trigo**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 11, n. 5, p. 502-508, 2007. Disponível em: < [http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/43670763/Lodo\\_de\\_esgoto\\_e\\_fertilizante\\_mineral\\_so2016031210945j68wi9.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1496943890&Signature=KjJvmO3SSaPALkNKHsHmxZfZuPQ%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DLodo\\_de\\_esgoto\\_e\\_fertilizante\\_mineral\\_so.pdf](http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/43670763/Lodo_de_esgoto_e_fertilizante_mineral_so2016031210945j68wi9.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1496943890&Signature=KjJvmO3SSaPALkNKHsHmxZfZuPQ%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DLodo_de_esgoto_e_fertilizante_mineral_so.pdf)>. Acesso: 14/03/16.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL (COPAM). **Deliberação Normativa COPAM N° 128, de 27 de Novembro de 2008**. “ Altera prazos estabelecidos pela Deliberação Normativa COPAM 96/2006 que convoca municípios para o licenciamento ambiental de sistema de tratamento de esgotos e dá outras providências”. Disponível em: < <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8734>>. Acesso em: 14/02/16.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução N° 375 de 29 de Agosto de 2006**.

CORRÊA, J. C. et al. **Aplicação superficial de escória, lama cal, lodos de esgoto e calcário na cultura da soja**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, p. 1209-1219, 2008. Disponível em: < <http://repositorio.unesp.br/handle/11449/6220>>. Acesso: 06/02/16

COSTA, A. S. V. et al. **Alterações na capacidade de retenção de água no solo após a aplicação de resíduo sólido proveniente de uma fábrica de celulose.** Revista Universidade Rural, Série Ciências da Vida, v. 26, n. 1, p. 01-10, 2006. Disponível em: < <http://www.editora.ufrj.br/rcv2/vida26-1/1-10.pdf>>. Acesso: 14/03/16

DA SILVA, A. R. et al. **Produtividade e qualidade de cana-de-açúcar cultivada em solo tratado com lodo de esgoto, vinhaça e adubos minerais.** 2007.

DA SILVA, E. A et al. **Germinação da semente e produção de mudas de cultivares de alface em diferentes substratos.** Semina: Ciências Agrárias, p. 245-254, 2008.

DAI, X. et al. **Effect of the micron-sized silica particles (MSSP) on biogas conversion of sewage sludge.** Water Research, v. 115, p. 220-228, 2017.

DE GODOY, L.C. **A logística na destinação do lodo de esgoto.** Revista Científica on-line-Tecnologia, Gestão e Humanismo, v. 2, n. 1, 2013. Disponível em:<<http://www.fatecguaratingueta.edu.br/revista/index.php/RCO-TGH/article/view/43>>. Acesso: 05/02/16

DE OLIVEIRA, J.P. et al. **Cellulose fibers extracted from rice and oat husks and their application in hydrogel.** Food Chemistry, v. 221, p. 153-160, 2017.

DE SOUZA, C. A. et al. **Lodo de esgoto em atributos biológicos do solo e na nodulação e produção de soja.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 44, n. 10, p. 1319-1327, 2010. Disponível em: < <http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/2290>>. Acesso: 10/05/16

DE SOUZA, P. V. D. et al. **Efeito da composição do substrato no enraizamento de estacas de maracujazeiro azedo.** 2006.

DEPARTAMENTO DE PESQUISAS E ESTUDOS ECONÔMICOS. **Papel e Celulose.** 2016. Disponível

em:<[https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset\\_papel\\_e\\_celulose.pdf](https://www.economiaemdia.com.br/EconomiaEmDia/pdf/infset_papel_e_celulose.pdf)>.

Acesso: 24/02/17.

FACHINELLO, J. C. **Propagação de plantas frutíferas**. Embrapa Informação Tecnológica; Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2005.

FADINI, P. S. et al. Lixo: desafios e compromissos. **Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola**, v. 1, p. 9-18, 2001. Disponível em:<<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAeuzAAH/lixodesafios-compromissos>>. Acesso: 17/05/16.

FERNANDES, C. et al. **Caracterização físico-hídrica de substratos utilizados no cultivo de hortaliças**. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 18, p. 471-473, 2000.

FERREIRA, C. S. et al. **Utilização de resíduo de Celulose associado a adubação com nitrogênio e fósforo na produção de mudas de E. grandis**. Revista Brasileira de Biociências, v. 5, n. S2, p. 942-944, 2008.

FERREIRA, L. L. et al. **Vermicompostos como substrato na produção de mudas de berinjela (Solanum melongena) e pimentão (Capsicum annum)**. HOLOS, v. 4, p. 269-277, 2014.

FIGUEIREDO, T. et al. **Níveis de lodo de esgoto na produtividade do girassol**. Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal, v. 7, n. 3, p. 16-25, 2007.

FREITAS, J. S. et al. **Diferentes composições de substratos orgânicos na produção de mudas de maracujazeiro no norte de Minas Gerais**. 2014.

FREITAS, R. X. A. et al. **Avaliação do uso de biocomposto de lodo de esgoto como substrato para produção de mudas**. Monografias Ambientais, v. 12, n. 12, p. 2665-2673, 2013. Disponível em: <<http://periodicos.ufsm.br/index.php/remoa/article/view/7992>> Acesso em: 26/06/16.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM). **Estudo revela que 44% da população urbana mineira tem acesso a tratamento de esgoto.** 2015. Disponível em: <[http://www.feam.br/noticias/1/1402\\_estudo-revela-que-44-da-populacao-urbana-mineira-tem-acesso-a-tratamento-de-esgoto-](http://www.feam.br/noticias/1/1402_estudo-revela-que-44-da-populacao-urbana-mineira-tem-acesso-a-tratamento-de-esgoto-)>. Acesso em 09/02/16.

GOMES, D. R. et al. **Lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de Tectona grandis L.** 2013. Disponível em: <<http://www.sifloresta.ufv.br/handle/123456789/15116>>. Acesso em: 29/06/16.

GRANATO, M. et al. **Biological treatment of a synthetic gold milling effluent.** Environmental Pollution, v. 91, n. 3, p. 343-350, 1996.

GUAITOLINI, M. et al. **Estudo da queima do lodo secundário da indústria de celulose em caldeira de leite fluidizado.** 2014. Disponível em: <<http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/5944>>. Acesso: 10/04/16.

GUERRA, M. A. S. L. **Avaliação de indicadores Biológicos e Físico-Químicos no Composto Orgânico Produzido a partir de resíduos da Indústria de Celulose.** 2007. 70p. 2007. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa.

HEI, L. et al. **Characteristics of Speciation of Heavy Metals in Municipal Sewage Sludge of Guangzhou as Fertilizer.** Procedia Environmental Sciences, v. 31, p. 232-240, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades.** 2010.

JIN, J. et al. **Cumulative effects of bamboo sawdust addition on pyrolysis of sewage sludge: Biochar properties and environmental risk from metals.** Bioresource technology, v. 228, p. 218-226, 2017.

JING, X. et al. **Effects of wastewater irrigation and sewage sludge application on soil residues of chiral fungicide benalaxyl.** Environmental Pollution, v. 224, p. 1-6, 2017.

KRZYZANOWSKI, F. et al. **Assessing the probability of infection by Salmonella due to**

**sewage sludge use in agriculture under several exposure scenarios for crops and soil ingestion. Science of The Total Environment.** v. 568, p. 66-74, 2016.

LAM, N. T. et al. **Utilizing cellulose from sugarcane bagasse mixed with poly (vinyl alcohol) for tissue engineering scaffold fabrication. Industrial crops and products.** v. 100, p. 183-197, 2017.

LI, J. et al. **Characteristics of Heavy Metal Species Transformation of Pb, Cu, Zn from Municipal Sewage Sludge by Thermal Drying.** Procedia Environmental Sciences, v. 31, p. 961-969, 2016.

LIU, Y. et al. **Design and optimization of a reactive crystallization process for high purity phosphorus recovery from sewage sludge ash.** Journal of Environmental Chemical Engineering, v. 4, n. 2, p. 2155-2162, 2016.

LOPES, J. C. et al. **Produção de alface com doses de lodo de esgoto.** Horticultura Brasileira, v. 23, n. 1, p. 143-147, 2005.

MACEDO, J. C. F. **Análise Térmica e Ambiental da Queima do Lodo Primário da Fabricação de Papel e Celulose em Caldeira de Biomassa à Grelha.** 2006. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Itajubá.

MATTHEWS, P. **Sustainability in biosolids management.** Water science and technology, v. 38, n. 2, p. 97-102, 1998.

MEDEIROS, D. C. et al. **Qualidade de mudas de tomate em função do substrato e irrigação com efluente de piscicultura.** Revista Brasileira de Agroecologia, v. 8, n. 2, p. 170-175, 2013.

MELO, A. S. et al. **Produção de mudas de mamoeiro em diferentes substratos e doses de fósforo.** 2007.

MINAMI, K. et al. **Produção de mudas de hortaliças de alta qualidade.** Horticultura, 2000.

**MINISTÉRIO DE AGRICULTURA E PECUÁRIA (MAPA).** Instrução Normativa , N° 27 de 5 de Junho de 2006. Disponível em: Acesso em: <[http://www.a3q.com.br/dmdocuments/Instru\\_Normativa\\_27.pdf](http://www.a3q.com.br/dmdocuments/Instru_Normativa_27.pdf)>. Acesso em: 09/03/17

MONDALA, A. et al. **Biodiesel production by in situ transesterification of municipal primary and secondary sludges.** Bioresource Technology, v. 100, n. 3, p. 1203-1210, 2009.

NASCIMENTO, C.W. A. do et al. **Alterações químicas em solos e crescimento de milho e feijoeiro após aplicação de lodo de esgoto.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 28, n. 2, p. 385-392, 2004.

NÓBREGA, R. S. A. et al. **Utilização de biossólido no crescimento inicial de mudas de aroeira (Schinus terebinthifolius Raddi).** 2007.

OLIVEIRA, J. P. **Estudo da geração de biodiesel a partir de resíduos oleosos do saneamento ambiental.** 2012. Disponível em: <[http://www.ct.ufes.br/ppgea/files/Disserta%C3%A7%C3%A3o\\_Jairo\\_Oliveira.pdf](http://www.ct.ufes.br/ppgea/files/Disserta%C3%A7%C3%A3o_Jairo_Oliveira.pdf)>. Acesso em: 17/06/16.

ORLANDI, G. et al. **An adsorbent with a high adsorption capacity obtained from the cellulose sludge of industrial residues.** Chemosphere, v. 169, p. 171-180, 2017.

PARVEEN, S. et al. **A novel approach of developing micro crystalline cellulose reinforced cementitious composites with enhanced microstructure and mechanical performance.** Cement and Concrete Composites, v. 78, p. 146-161, 2017.

PEDROSO, L. R. M. et al. **Aproveitamento energético de passivos ambientais de estação de tratamento de esgoto-ETE–Produção de biodiesel à partir de gordura de esgoto da ETE-Alegria.** 2012.

PEI, D. et al. **Electrokinetic Gathering and Removal of Heavy Metals from Sewage Sludge by Ethylenediamine Chelation.** Procedia Environmental Sciences, v. 31, p. 725-734, 2016.

QUARTAROLI, L. **Aplicação da flotação por ar dissolvido como pós-tratamento de efluente de lodo ativado em uma indústria de papel e celulose**. 2012. Tese de Doutorado. Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Centro-Oeste, para a obtenção do título de mestre em Ciências Florestais. Irati. Disponível em: <[http://www.unicentro.br/ppgcf/dissertacoes/larissa\\_quartaroli.pdf](http://www.unicentro.br/ppgcf/dissertacoes/larissa_quartaroli.pdf)>. Acesso: 10/04/16

RABELO, C. A. B. S. **Avaliação de consórcio microbiano obtido a partir de lodo de estação de tratamento de efluentes de indústria de papel e celulose visando à produção de H<sub>2</sub> a partir de celulose**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2014.

ROCHA, J. H. T. et al. **Composto de lodo de esgoto como substrato para mudas de eucalipto**. Pesquisa Florestal Brasileira, v. 33, n. 73, p. 27-35, 2013. Disponível em:<[https://www.researchgate.net/profile/Jose\\_Rocha21/publication/285060738\\_Composto\\_de\\_lodo\\_de\\_esgoto\\_como\\_substrato\\_para\\_mudas\\_de\\_eucalipto/links/570578a908ae74a08e274c2c.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jose_Rocha21/publication/285060738_Composto_de_lodo_de_esgoto_como_substrato_para_mudas_de_eucalipto/links/570578a908ae74a08e274c2c.pdf)>. Acesso em: 29/06/16.

RRONG, W. et al. **The effects of applying sewage sludge into Jiangxi red soil on the growth of vegetables and the migration and enrichment of Cu and Zn**. Saudi journal of biological sciences, v. 23, n. 5, p. 660-666, 2016.

SALES, L.A. L. S. **Sistema de blocos prensados e doses de adubo de liberação lenta na formação de porta-enxerto cítrico**. Ciência Rural, v. 36, n. 2, 2006.

SANTORO, A. et al. **Comparison of total and aqua regia extractability of heavy metals in sewage sludge: The case study of a certified reference material**. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 2017.

SANTOS FILHO, A. R. Dos. **Monitoramento e avaliação do processo de compostagem com incorporação de resíduos de gesso de construção civil**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SANTOS, A. C. P. et al. **Utilização de torta de filtro como substrato para a produção de mudas de hortaliças**. In: Colloquium Agrariae. 2006. p. 01-05.

SCHEER, M. B. et al. **Substratos à base de lodo de esgoto compostado na produção de mudas de Parapiptadenia rigida (Benth.) Brenan.** 2010. Disponível em: <<http://www.sifloresta.ufv.br/handle/123456789/16766>>. Acesso em: 26/06/16.

SIDDIQUEE, M. N. et al. **Experimental analysis of lipid extraction and biodiesel production from wastewater sludge.** Fuel processing technology, v. 92, n. 12, p. 2241-2251, 2011.

SILVA, J. E. De. et al. **Alternativa agronômica para o biossólido produzido no Distrito Federal. II. Aspectos qualitativos, econômicos e práticos de seu uso.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 26, n. 2, p. 497, 2002.

SILVA, R. F. Da. **Compostagem e solarização para higienização de lodo de esgoto e uso no cultivo de cássia amarela (Senna siamea Lam).** 2007. Disponível em:<[http://repositorio.ufpe.br/bitstream/handle/123456789/5314/arquivo6251\\_1.pdf?sequence=1&isAllowed=>](http://repositorio.ufpe.br/bitstream/handle/123456789/5314/arquivo6251_1.pdf?sequence=1&isAllowed=>)>. Acesso em: 20/03/16.

SILVEIRA, D. S. A. et al. **Avaliação da eficiência da ozonização combinada com o tratamento por lodos ativados de efluentes de fábricas de celulose kraft branqueada.** 2009. Disponível em:<<http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/3715>>. Acesso em: 12/03/16.

SIMÃO, L. et al. **Caracterização de resíduos sólidos do setor de papel e celulose para uso em materiais cimentícios.** 2015.

SIQUEIRA, R.H. Da S, et al. **Substratos alternativos no desenvolvimento inicial de mudas de maracujá azedo. (S.D)** Disponível em:<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/28072/1/Maracujazeiro-desenvolvimento-inicial-de-mudas.pdf>> Acesso em: 25/03/2017.

TOLEDO, F. H. Silva F. De. **Composto de resíduos da fabricação de papel e celulose em mudas de eucalipto em viveiro e no campo.** 2013.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação. O positivismo; a fenomenologia; o marxismo.** In: Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação. O positivismo; a fenomenologia; o marxismo. Atlas, 2015.

YUAN, Y. et al. **Spray drying assisted assembly of ZnO nanocrystals using cellulose as sacrificial template and studies on their photoluminescent and photocatalytic properties.** Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, v. 522, p. 173-182, 2017.

ZORZETO, T. Q. et al. **Caracterização física de substratos para plantas.** Bragantia, v. 73, n. 3, p. 300-311, 2014.

## APÊNDICE

<b>Peso úmido da Fibrilose</b>	<b>Gramas</b>
Caixa 8,5	
Peso da fibrilose	2.017
<hr/>	
Caixa 7,5	
Peso da fibrilose	1744,75
<hr/>	
Caixa 6,5	
Peso da fibrilose	1615,79
<hr/>	
Caixa 5,5	
Peso fibrilose	1370,21
<hr/>	
Caixa 4,5	
Peso fibrilose	1065,31
<hr/>	

<b>Lodo amostras 4</b>	<b>Quantidade (gramas)</b>
<b>Peso de tara</b>	58,75
T1	158,97
T2	157,44
T3	148,47
T4	148,14
<hr/>	
<b>Fibrilose I</b>	
Peso úmido	Peso seco
39,91	3,192
<hr/>	
<b>Lodo de esgoto II</b>	
Peso úmido	Peso seco
109,79	95,37
<hr/>	
<b>Lodo B1</b>	
Peso úmido	Peso seco
101,5	89,275
<hr/>	
<b>Lodo B2</b>	
Peso úmido	Peso seco
97,06	84,694

Peso úmido do lodo	Quantidade
Caixa 8,5	0,94 L
Peso do lodo	566,92 g
Caixa 7,5	1,875 L
Peso de lodo	1127,65 kg
Caixa6,5	2,790 L
Peso do lodo	1625,68 kg
Caixa 5,5	3,67 L
Peso do lodo	1822,16 Kg
Caixa 4,5	4,5 L
Peso do lodo	2680,9 L

<b>Amostras</b>	<b>Densidade das amostras</b>
Caixa 4,5	0,24 g/cm <sup>3</sup>
Caixa 5,5	0,24 g/cm <sup>3</sup>
Caixa 6,5	0,24 g/cm <sup>3</sup>
Caixa 7,5	0,23 g/cm <sup>3</sup>
Caixa 8,5	0,23 g/cm <sup>3</sup>

## ANALISE NUMERO 1

## QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIACAO	GL.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTOS	7.	4.9164	.7023	8.88 **
RESIDUO	32.	2.5320	.0791	
TOTAL	39.	7.4484		

DESVIO PADRAO = .2813                      ERRO PADRAO DA MEDIA  
 = .1258  
 MEDIA GERAL = 4.1890                      COEFICIENTE DE VARIACAO =  
 6.71

TESTE DE TUKEY  
 DMS(TUKEY) = .5761

## ANALISE NUMERO 1

## COMPRIMENTO DA RAIZ DO MARACUJA

## QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIACAO	GL.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTOS	7.	3.9427	.5632	4.43 **
RESIDUO	32.	4.0651	.1270	
TOTAL	39.	8.0078		

DESVIO PADRAO = .3564                      ERRO PADRAO DA MEDIA  
 = .1594  
 MEDIA GERAL = 4.2470                      COEFICIENTE DE VARIACAO =  
 8.39

TESTE DE TUKEY  
 DMS(TUKEY) = .7300

## ANALISE NUMERO 1

## NUMERO DE FOLHAS DEFINITIVAS DO MARACUJA

## QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIACAO	GL.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTOS	7.	5.7360	.8194	34.75 **
RESIDUO	32.	.7546	.0236	
TOTAL	39.	6.4906		

DESVIO PADRAO = .1536                      ERRO PADRAO DA MEDIA  
 = .0687  
 MEDIA GERAL = 2.1550                      COEFICIENTE DE VARIACAO =  
 7.13

## TESTE DE TUKEY

DMS(TUKEY) = .3145

## PESO SECO DO MARACUJA

## QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIACAO	GL.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTOS	7.	.0004	.0001	3.48 **
RESIDUO	32.	.0005	.0000	
TOTAL	39.	.0009		

DESVIO PADRAO = .0040                      ERRO PADRAO DA MEDIA  
 = .0018  
 MEDIA GERAL = .0186                      COEFICIENTE DE VARIACAO =  
 21.56

## TESTE DE TUKEY

DMS(TUKEY) = .0082

## ANALISE NUMERO 1

## PESO SECO DA RAIZ DO MARACUJA

## QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIACAO	GL.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTOS	7.	.0001	.0000	7.46 **

RESIDUO	32.	.0000	.0000
-----			
TOTAL	39.	.0001	
DESVIO PADRAO =	.0011	ERRO PADRAO DA MEDIA	
= .0005			
MEDIA GERAL =	.0039	COEFICIENTE DE VARIACAO =	
27.34			
TESTE DE TUKEY			
DMS(TUKEY) =	.0022		

## ANALISE NUMERO 1

## PESO UMIDO DA PARTE AEREA DO MARACUJA

## QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIACAO	GL.	S.Q.	Q.M.	F
-----				
TRATAMENTOS	7.	.0203	.0029	8.54 **
RESIDUO	32.	.0109	.0003	
-----				
TOTAL	39.	.0312		
DESVIO PADRAO =	.0184	ERRO PADRAO DA MEDIA		
= .0082				
MEDIA GERAL =	.0436	COEFICIENTE DE VARIACAO =		
42.32				
TESTE DE TUKEY				
DMS(TUKEY) =	.0378			

## ANALISE NUMERO 1

## PESO UMIDO DA RAIZ DO MARACUJA

## QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIACAO	GL.	S.Q.	Q.M.	F
-----				
TRATAMENTOS	7.	.0004	.0001	2.84 *
RESIDUO	32.	.0007	.0000	
-----				
TOTAL	39.	.0012		
DESVIO PADRAO =	.0047	ERRO PADRAO DA MEDIA		

= .0021  
 69.26      MEDIA GERAL = .0068      COEFICIENTE DE VARIACAO =

TESTE DE TUKEY  
 DMS(TUKEY) = .0097

ANALISE NUMERO 1 COMPRIMENTO DA PARTE AEREA DO MAMA0

QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIACAO	GL.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTOS	7.	3.2131	.4590	6.48 **
RESIDUO	32.	2.2674	.0709	
TOTAL	39.	5.4805		

= .1190  
 8.19      DESVIO PADRAO = .2662      ERRO PADRAO DA MEDIA  
           MEDIA GERAL = 3.2493      COEFICIENTE DE VARIACAO =

TESTE DE TUKEY  
 DMS(TUKEY) = .5452  
 TRAT.    MEDIA

ANALISE NUMERO 1

COMPRIMENTO RAIZ DO MAMA0

QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIACAO	GL.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTOS	7.	6.4382	.9197	2.08 NS
RESIDUO	32.	14.1334	.4417	
TOTAL	39.	20.5716		

= .2972  
 20.34      DESVIO PADRAO = .6646      ERRO PADRAO DA MEDIA  
           MEDIA GERAL = 3.2680      COEFICIENTE DE VARIACAO =

TESTE DE TUKEY  
 DMS(TUKEY) = 1.3612

## ANALISE NUMERO 1

## PESO SECO DA PARTE AEREA DO MAMAO

## QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIACAO	GL.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTOS	7.	.0009	.0001	2.82 *
RESIDUO	32.	.0014	.0000	
TOTAL	39.	.0022		

DESVIO PADRAO = .0029  
 MEDIA GERAL = 42.44  
 ERRO PADRAO DA MEDIA  
 COEFICIENTE DE VARIACAO =

## TESTE DE TUKEY

DMS(TUKEY) = .0135

ANALISE NUMERO 1

## PESO SECO DA RAIZ DO MAMAO

## QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIACAO	GL.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTOS	7.	.0010	.0001	15.56 **
RESIDUO	32.	.0003	.0000	
TOTAL	39.	.0013		

DESVIO PADRAO = .0014  
 MEDIA GERAL = 49.91  
 ERRO PADRAO DA MEDIA  
 COEFICIENTE DE VARIACAO =

## TESTE DE TUKEY

DMS(TUKEY) = .0063

## ANALISE NUMERO 1

## PESO UMIDO PARTE AEREA MAMAO

## QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIACAO	GL.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTOS	7.	.0008	.0001	15.34 **
RESIDUO	32.	.0002	.0000	
TOTAL	39.	.0010		

DESVIO PADRAO = .0027                      ERRO PADRAO DA MEDIA  
 = .0012  
 MEDIA GERAL = .0172                      COEFICIENTE DE VARIACAO =  
 15.81

TESTE DE TUKEY

ANALISE NUMERO 1

## PESO UMIDO DA RAIZ DO MAMAO

## QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIACAO	GL.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTOS	7.	.0008	.0001	7.60 **
RESIDUO	32.	.0005	.0000	
TOTAL	39.	.0013		

DESVIO PADRAO = .0039                      ERRO PADRAO DA MEDIA  
 = .0017  
 MEDIA GERAL = .0066                      COEFICIENTE DE VARIACAO =  
 59.22

TESTE DE TUKEY  
 DMS(TUKEY) = .0080

ANALISE NUMERO 1

## COMPRIMENTO DA PARTE AEREA DA BERINJELA

## QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIACAO	GL.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTOS	7.	28.1145	4.0164	9.22 **
RESIDUO	32.	13.9355	.4355	
TOTAL	39.	42.0500		

DESVIO PADRAO = .6599                      ERRO PADRAO DA MEDIA  
 = .2951  
 MEDIA GERAL = 4.2873                      COEFICIENTE DE VARIACAO =  
 15.39

## TESTE DE TUKEY

DMS(TUKEY) = 1.3517

## COMPRIMENTO DA RAIZ DA BERINJELA

## QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIACAO	GL.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTOS	7.	17.0905	2.4415	2.63 *
RESIDUO	32.	29.7342	.9292	
TOTAL	39.	46.8247		

DESVIO PADRAO = .9639                      ERRO PADRAO DA MEDIA  
 = .4311  
 MEDIA GERAL = 5.0435                      COEFICIENTE DE VARIACAO =  
 19.11

## TESTE DE TUKEY

DMS(TUKEY) = 1.9744

## ANALISE NUMERO 1

## NUMERO DE FOLHAS DEFINITIVAS

## QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIACAO	GL.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTOS	7.	5.3005	.7572	19.90 **
RESIDUO	32.	1.2175	.0380	
TOTAL	39.	6.5179		

DESVIO PADRAO = .1951                      ERRO PADRAO DA MEDIA  
 = .0872  
 MEDIA GERAL = 2.0263                      COEFICIENTE DE VARIACAO =  
 9.63

TESTE DE TUKEY  
 DMS(TUKEY) = .3995

#### ANALISE NUMERO 1

##### PESO\SECO DA PARTE AEREA DA BERINJELA

##### QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIACAO	GL.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTOS	7.	.0005	.0001	.50 NS
RESIDUO	32.	.0046	.0001	
TOTAL	39.	.0051		

DESVIO PADRAO = .0120                      ERRO PADRAO DA MEDIA  
 = .0054  
 MEDIA GERAL = .0217                      COEFICIENTE DE VARIACAO =  
 55.21

TESTE DE TUKEY  
 DMS(TUKEY) = .0245

#### ANALISE NUMERO 1

##### PESO SECO DA RAIZ DE BERINJELA

##### QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIACAO	GL.	S.Q.	Q.M.	F
-------------	-----	------	------	---

TRATAMENTOS	7.	.0005	.0001	3.54 **
RESIDUO	32.	.0006	.0000	

-----  
TOTAL 39. .0011

DESVIO PADRAO = .0044 ERRO PADRAO DA MEDIA  
= .0020  
MEDIA GERAL = .0055 COEFICIENTE DE VARIACAO =  
79.56

TESTE DE TUKEY  
DMS(TUKEY) = .0090

ANALISE NUMERO 1

#### PESO UMIDO DA PARTE AEREA DA BERINJELA

##### QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIACAO	GL.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTOS	7.	.0073	.0010	7.81 **
RESIDUO	32.	.0043	.0001	
TOTAL	39.	.0116		

DESVIO PADRAO = .0116 ERRO PADRAO DA MEDIA  
= .0052  
MEDIA GERAL = .0338 COEFICIENTE DE VARIACAO =  
34.20

TESTE DE TUKEY  
DMS(TUKEY) = .0237

ANALISE NUMERO 1

#### PESO UMIDO DA RAIZ DE BERINJELA

##### QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIACAO	GL.	S.Q.	Q.M.	F
-----				

TRATAMENTOS	7.	.0011	.0002	5.13 **
RESIDUO	32.	.0010	.0000	

---

TOTAL 39. .0022

DESVIO PADRAO = .0056 ERRO PADRAO DA MEDIA  
 = .0025  
 MEDIA GERAL = .0092 COEFICIENTE DE VARIACAO =  
 61.22

TESTE DE TUKEY  
 DMS(TUKEY) = .0116

#### COMPRIMENTO DA PARTE AEREA DO PIMENTAO

##### QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIACAO	GL.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTOS	7.	26.7101	3.8157	20.23 **
RESIDUO	32.	6.0366	.1886	
TOTAL	39.	32.7467		

DESVIO PADRAO = .4343 ERRO PADRAO DA MEDIA  
 = .1942  
 MEDIA GERAL = 4.0522 COEFICIENTE DE VARIACAO =  
 10.72

TESTE DE TUKEY  
 DMS(TUKEY) = .8896

#### COMPRIMENTO DA RAIZ DO PIMENTAO

##### QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIACAO	GL.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTOS	7.	11.1409	1.5916	9.87 **
RESIDUO	32.	5.1589	.1612	
TOTAL	39.	16.2998		

DESVIO PADRAO = .4015 ERRO PADRAO DA MEDIA

= .1796  
9.06

MEDIA GERAL = 4.4320

COEFICIENTE DE VARIACAO =

TESTE DE TUKEY  
DMS(TUKEY) = .8224

#### NUMERO DE FOLHAS DO PIMENTAO

##### QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIACAO	GL.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTOS	7.	7.0300	1.0043	21.50 **
RESIDUO	32.	1.4946	.0467	
TOTAL	39.	8.5246		

= .0967  
9.29

DESVIO PADRAO = .2161

ERRO PADRAO DA MEDIA

MEDIA GERAL = 2.3273

COEFICIENTE DE VARIACAO =

TESTE DE TUKEY  
DMS(TUKEY) = .4427

#### PESO SECO DA PARTE AEREA DO PIMENTAO

##### QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIACAO	GL.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTOS	7.	.0012	.0002	16.81 **
RESIDUO	32.	.0003	.0000	
TOTAL	39.	.0015		

= .0014  
19.84

DESVIO PADRAO = .0032

ERRO PADRAO DA MEDIA

MEDIA GERAL = .0160

COEFICIENTE DE VARIACAO =

TESTE DE TUKEY  
DMS(TUKEY) = .0065

## PESO SECO DA RAIZ DO PIMENTAO

## QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIACAO	GL.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTOS	7.	.0001	.0000	2.02 NS
RESIDUO	32.	.0002	.0000	
TOTAL	39.	.0003		

DESVIO PADRAO = .0025                      ERRO PADRAO DA MEDIA  
 = .0011  
 MEDIA GERAL = .0051                      COEFICIENTE DE VARIACAO =  
 49.83

TESTE DE TUKEY  
 DMS(TUKEY) = .0052

## PESO UMIDO DA PARTE AEREA DO PIMENTAO

8    .0259   .0285   .0331   .0272   .0285   .1432

## QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIACAO	GL.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTOS	7.	.0017	.0002	2.10 NS
RESIDUO	32.	.0037	.0001	
TOTAL	39.	.0055		

DESVIO PADRAO = .0108                      ERRO PADRAO DA MEDIA  
 = .0048  
 MEDIA GERAL = .0195                      COEFICIENTE DE VARIACAO =  
 55.33

TESTE DE TUKEY  
 DMS(TUKEY) = .0222

## PESO UMIDO DA RAIZ DO PIMENTAO

## QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIACAO	GL.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTOS	7.	.0000	.0000	3.64 **

RESIDUO	32.	.0001	.0000
-----			
TOTAL	39.	.0001	
DESVIO PADRAO =	.0013	ERRO PADRAO DA MEDIA	
= .0006			
MEDIA GERAL =	.0050	COEFICIENTE DE VARIACAO =	
25.20			
TESTE DE TUKEY			
DMS(TUKEY) =	.0026		

#### COMPRIMENTO DA PARTE AEREA DO TOMATE

#### QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIACAO	GL.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTOS	7.	31.9598	4.5657	17.43 **
RESIDUO	32.	8.3840	.2620	
-----				
TOTAL	39.	40.3438		
DESVIO PADRAO =	.5119	ERRO PADRAO DA MEDIA		
= .2289				
MEDIA GERAL =	6.3125	COEFICIENTE DE VARIACAO =	8.11	
TESTE DE TUKEY				
DMS(TUKEY) =	1.0484			

#### COMPRIMENTO DA RAIZ DO TOMATE

#### QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIACAO	GL.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTOS	7.	10.8978	1.5568	4.31 **
RESIDUO	32.	11.5520	.3610	
-----				
TOTAL	39.	22.4498		
DESVIO PADRAO =	.6008	ERRO PADRAO DA MEDIA		
= .2687				
MEDIA GERAL =	4.5775	COEFICIENTE DE VARIACAO =		
13.13				

TESTE DE TUKEY  
DMS(TUKEY) = 1.2306

### FOLHAS DEFINITIVAS DO TOMATE

#### QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIACAO	GL.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTOS	7.	5.0318	.7188	43.24 **
RESIDUO	32.	.5320	.0166	
TOTAL	39.	5.5637		

DESVIO PADRAO = .1289                      ERRO PADRAO DA MEDIA  
= .0577  
MEDIA GERAL = 2.2125                      COEFICIENTE DE VARIACAO =  
5.83

TESTE DE TUKEY  
DMS(TUKEY) = .2641

### PESO SECO DA PARTE AEREA DO TOMATE

#### QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIACAO	GL.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTOS	7.	.0044	.0006	19.14 **
RESIDUO	32.	.0010	.0000	
TOTAL	39.	.0054		

DESVIO PADRAO = .0057                      ERRO PADRAO DA MEDIA  
= .0025  
MEDIA GERAL = .0293                      COEFICIENTE DE VARIACAO =  
19.43

TESTE DE TUKEY  
DMS(TUKEY) = .0117

### PESO UMIDO DA PARTE AEREA DOTOMATE

#### QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIACAO	GL.	S.Q.	Q.M.	F
-------------	-----	------	------	---

TRATAMENTOS	7.	.0585	.0084	30.18 **
RESIDUO	32.	.0089	.0003	

---

TOTAL 39. .0674

DESVIO PADRAO = .0166 ERRO PADRAO DA MEDIA  
 = .0074  
 MEDIA GERAL = .0565 COEFICIENTE DE VARIACAO =  
 29.45  
 TESTE DE TUKEY  
 DMS(TUKEY) = .0341

### PESO UMIDO DA RAIZ DO TOMATE

#### QUADRO DE ANALISE DE VARIANCIA DO EXPERIMENTO

C. VARIACAO	GL.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTOS	7.	.0012	.0002	13.59 **
RESIDUO	32.	.0004	.0000	

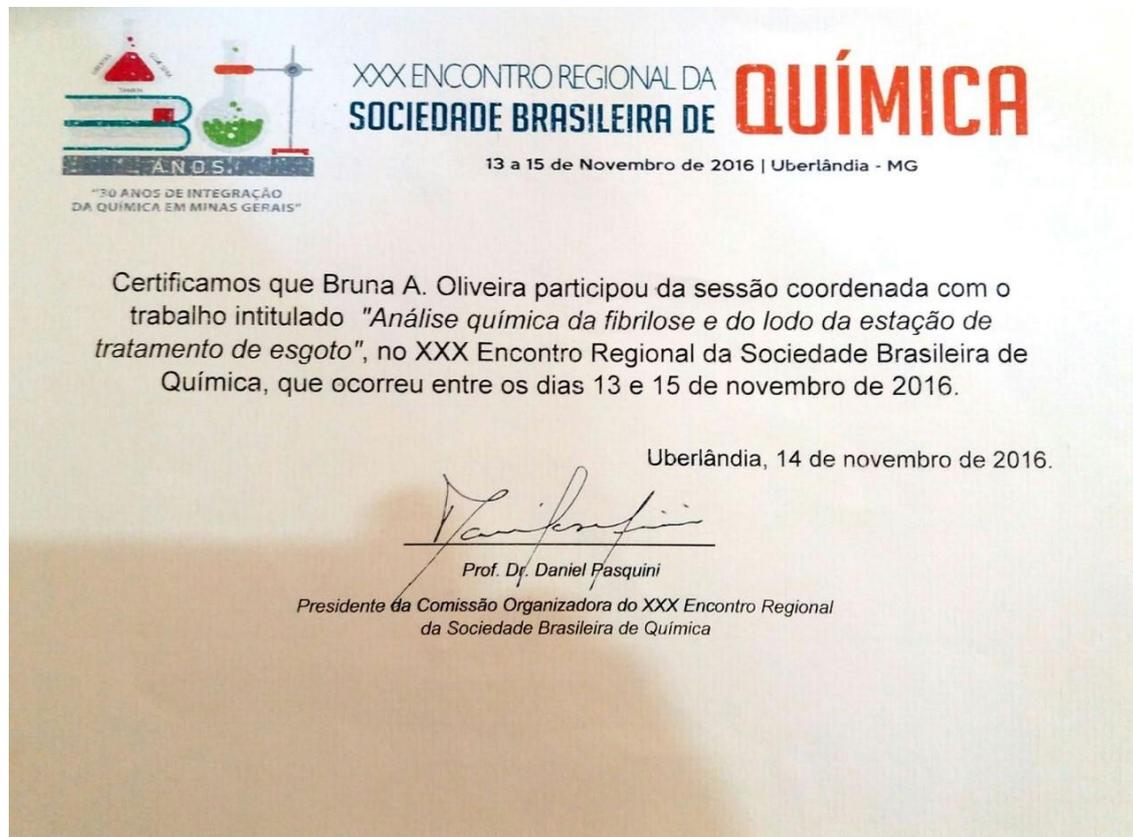
---

TOTAL 39. .0016

DESVIO PADRAO = .0036 ERRO PADRAO DA MEDIA  
 = .0016  
 MEDIA GERAL = .0098 COEFICIENTE DE VARIACAO =  
 36.71

TESTE DE TUKEY  
 DMS(TUKEY) = .0074

## ANEXOS





## XXX ENCONTRO REGIONAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA

13 a 15 de Novembro de 2016 | Uberlândia - MG

Certificamos que o trabalho titulado “*Análise química da fibrilose e do lodo da estação de tratamento de esgoto*”, com autoria de **OLIVEIRA, B. A., CORDEIRO, I. H., GUARNEIRE, G. J., TRINDADE, I. M., SOUSA, A. O., CARDOSO, D., I. S., RODRIGUES, A., RODRIGUES, J. L., SOUZA ALVES, C. C., CARLI, A. P., COSTA, A. S. V.**, foi apresentado na sessão de pôster, no XXX Encontro Regional da Sociedade Brasileira de Química, que ocorreu entre os dias 13 e 15 de novembro de 2016.

Uberlândia, 10 de fevereiro de 2017.

Prof. Dr. Daniel Pasquini

Presidente da Comissão Organizadora do XXX Encontro  
Regional da Sociedade Brasileira de Química

Profa. Dra. Rosana Maria Nascimento Assunção

Presidente da Comissão Científica do XXX Encontro  
Regional da Sociedade Brasileira de Química

 <b>RBCiamb</b>	 <b>ABES</b> ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
16 de março de 2017.	
<b>DECLARAÇÃO</b>	
<b>Prezada Sra. Bruna Avelar Oliveira</b>	
Seu artigo intitulado "Análise química dos substratos a base de lodo de esgoto e fibrilose testados em espécies frutíferas e olerícolas" referência RBC 242, foi recebido pela Revista Brasileira de Ciências Ambientais e está em processo de avaliação.	
Atenciosamente,	
Soraia Fernandes Editoria Científica - Publicações soraia.fernandes@abes-dn.org.br	
Revista Brasileira de Ciências Ambientais	



