

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
ENGENHARIA AMBIENTAL**

EDELVAN SEVERIANO CLAUDINO

**USO DO EFLUENTE GERADO PELA DIGESTÃO ANAERÓBIA DE
RESÍDUOS VEGETAIS PARA A PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2017

EDELVAN SEVERIANO CLAUDINO

**USO DO EFLUENTE GERADO PELA DIGESTÃO ANAERÓBIA
DE RESÍDUOS VEGETAIS PARA A PRODUÇÃO DE
HORTALIÇAS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do título de Engenheiro
Ambiental, da Universidade Tecnológica
Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Edwiges

MEDIANEIRA

2017



TERMO DE APROVAÇÃO

USO DO EFLUENTE GERADO PELA DIGESTÃO ANAERÓBIA DE RESÍDUOS VEGETAIS NA PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS

Por

EDELVAN SEVERIANO CLAUDINO

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em 28 de novembro de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Ambiental. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Thiago Edwiges
Prof. Orientador

Prof. Dr. Anderson Sandro da Rocha
Membro Titular

Prof. Dr. Cristhiane Rohde
Membro Titular

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

Dedico este trabalho à minha família, pelo estímulo e suporte sempre oferecido.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter dado condições de chegar até aqui e concluir este trabalho em meio a todas dificuldades e saudades de casa.

Aos meus pais Valdir R. Claudino e Queila S. Claudino, por terem sido meu esteio durante estes anos de graduação fazendo o possível e o impossível para que eu pudesse concluir este curso, sendo presentes mesmo estando distante. A Minha irmã Lidia S. Claudino por ter sido parceira e amiga mesmo sem que eu pudesse pedir e precisasse. Ao meu tio Messias R. Claudino que somente Deus pode recompensá-lo e agradeço em minhas orações pelo seu apoio, de uma forma singela só tenho a dizer que eu os amo verdadeiramente e agradeço a Deus por tê-los como meu porto seguro.

Aos amigos que se tornaram irmãos durante todos estes anos, que seria errado dizer somente alguns nomes, sendo assim de modo geral meu muito obrigado pela amizade, risadas, choros, conselhos e posso dizer muita alegria com vocês, Deus os abençoe. Não menos importante gostaria de agradecer minha amiga Fabiane S. Lira, que se fez presente não somente na elaboração deste trabalho, mas também em grande parte desta caminhada sendo amiga parceira e grande incentivadora de todos os projetos e caminhada universitária, meu muito obrigado pela sua disposição e seu carinho, sou muito grato por tudo que fez e me ensinou.

Agradeço ao corpo docente da UTFPR-MEDIANEIRA por todos os ensinamentos passados, não somente em sala de aula, mas também conhecimentos diários, de uma forma direta ao Prof. Dr. Laercio Mantovani Frare que não foi somente um Professor, mas também um tutor pelo grupo PETAmb Conexões dos Saberes e também um pai, muito obrigado professor.

Agradeço ao Prof. Dr. Thiago Edwiges que lançou o convite para abraçar este projeto e foi presente durante todo o projeto e um verdadeiro amigo que sempre que possível conversou, aconselhou e ensinou além dos laboratórios e sala de aula, meu muito obrigado por esta oportunidade ímpar, sempre serei grato aos seus ensinamentos e passarei adiante sempre que possível.

`` Porque sou eu que conheço os planos que tenho para vocês '', diz o senhor, `` planos de fazê-los prosperar e não de lhes causar dano, planos de dar-lhes esperança e um futuro``.

Jeremias 29: 11

RESUMO

CLAUDINO, Edelvan Severiano. **USO DO EFLUENTE GERADO PELA DIGESTÃO ANAERÓBIA DE RESÍDUOS VEGETAIS NA PRODUÇÃO DE HORTALIÇAS**. 2017. 60 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2017.

A crescente geração de resíduos no Brasil e sua inadequada forma de disposição vem causando sérios problemas no cenário atual, resíduos estes que em sua maioria são compostos por matéria orgânica. Os resíduos orgânicos tem sido fonte para alternativas ambientalmente corretas e econômicas, visando aproveitar todo o potencial destes resíduos na forma de biofertilizantes. O objetivo deste trabalho foi identificar a influência do efluente gerado pela digestão anaeróbia na produção de mudas de Agrião do Seco (*Lepidium sativum*). Utilizou-se 8 digestatos de concentrações incomuns, provenientes pela digestão de resíduos vegetais, sendo testados em 4 diluições distintas, 100%, 50%, 10% e 1%. Foram executadas análises de condutividade elétrica, pH, macronutrientes, ensaio de fitotoxicidade e produção de mudas em bandeja. O ensaio de fitotoxicidade permitiu verificar as diluições adequadas para a etapa da produção de mudas, nesta etapa as bandejas permaneceram na BOD por 3 semanas com um fotoperíodo de 16 h d⁻¹ a 21 °C, foram selecionadas 5 mudas de cada tratamento e fez-se as análises fitométricas para avaliar o crescimento das mudas. Por meio das análises dos nutrientes presentes no digestatos, foi possível relacionar com o crescimento das mudas e avaliar qual carga orgânica melhor contribuiu para o desenvolvimento das mudas. Para as diluições de 100% e 50% a germinação das sementes não foi satisfatória, as soluções continham excesso dos nutrientes essenciais para o desenvolvimento das sementes e comprimento da radícula e apresentaram influência negativa na germinação. Os valores encontrados para o fósforo e o potássio foram superiores ao necessário, fator que indica um possível efeito negativo no desenvolvimento das plantas. Com relação ao nitrogênio, a quantidade encontrada foi próxima àquela considerada como referência da necessidade deste nutriente para as plantas. Deste modo, o uso do efluente gerado pela digestão anaeróbia de resíduos vegetais na produção do Agrião do Seco (*Lepidium sativum*) tem potencial de ser utilizado como biofertilizante, desde que seja feita a caracterização deste, principalmente com relação a quantidade de macronutrientes.

Palavras chave: Fração orgânica. Digestão anaeróbia. Agrião do Seco. Ensaio de fitotoxicidade. Biofertilizante. Produção de mudas.

ABSTRACT

CLAUDINO, Edelvan Severiano. **USE OF EFFLUENTS GENERATED BY ANAEROBIC DIGESTION OF VEGETABLE RESIDUES IN THE PRODUCTION OF VEGETABLES.** 2017. 60 p. Course Conclusion Work (Environmental Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Medianeira, 2017.

The growing generation of non-Brazilian waste and its inadequate disposition has caused serious problems without a current scenario. That's a problem with the lack of quality, that's what the problem is. The objective of this work was to identify the influence of the effluent generated by the anaerobic digestion in the production of seedlings of Dry Cress (*Lepidium sativum*). It was used 8 digesters of unusual concentrations, production by digestion of vegetal residues, being tested in 4 different dilutions, 100%, 50%, 10% and 1%. Analyzes of electrical conductivity, pH, macronutrients, phytotoxicity assay and tray seedlings were performed. The phytotoxicity assay allowed to verify the adequate dilutions for a seedling production stage, in this step as trays remained in the BOD for 3 weeks with a photoperiod of 16 h d⁻¹ at 21 ° C, 5 seedlings of each treatment were selected and made phytometric analyzes to evaluate seedling growth. By analyzing the nutrients present without digestates, it was possible to relate to the growth of the seedlings and to evaluate the organic load better contributed to the development of the seedlings. For the 100% and 50% dilutions the seed germination was not satisfactory, the solutions contained excess of the essential nutrients for seed development and root length and had a negative influence on germination. The values found for phosphorus and potassium were higher than necessary, a factor that indicates a possible negative effect on the development of plants. Regarding nitrogen, the amount found was close to that considered as reference of the need of this nutrient for the plants. Thus, the use of the effluent generated by the anaerobic digestion of plant residues in the production of Dry Watercress (*Lepidium sativum*) has the potential to be used as a biofertilizer, provided that its characterization is done, mainly in relation to the number of macronutrients.

Keyword: Organic fraction. Anaerobic digestion. Dry cress. Phytotoxicity assay. Biofertilizer. Seedling production.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Hierarquia na gestão dos resíduos sólidos propostas pela PNRS.	16
Figura 2 - Processo de digestão anaeróbia.....	20
Figura 3 - Relação entre a quantidade específica de digestor gerado e a	22
Figura 4 - Vista da área do CEASA – Foz do Iguaçu.	25
Figura 5 - pHmetro de bancada (a); Condutivímetro portátil (b).....	28
Figura 6 - Sementes nuas de Agrião-do-seco (<i>Lepidium sativum</i>).....	29
Figura 7 - Tratamentos filtrados.	30
Figura 8– Placas de petri com sementes de Agrião do Seco (<i>L. sativum</i>)	30
Figura 9 – Bandejas para semeadura das sementes de Agrião (<i>L. sativum</i>) .	32
Figura 10 – Parte aérea e sistema radicular	33
Figura 11 - Número de folhas.....	38
Figura 12 – Teste de normalidade Comprimento da Aérea.....	39
Figura 13-Média da parte aérea.	40
Figura 14 – Medida do comprimento da parte aérea.....	41
Figura 15 - Média do comprimento das radículas.	42
Figura 16 - Raiz branca.....	43
Figura 17 – Teste de normalidade diâmetro dos coletos 1% e 10%	43
Figura 18 - Média do diâmetro dos coletos.	44
Figura 19 - Massa seca da raiz e parte aérea.	45
Figura 20 - Massa fresca da raiz.	46
Figura 21 - Massa fresca da parte aérea.	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Vantagens e desvantagens do processo de digestão anaeróbia .	18
Tabela 2– Quantificação dos resíduos gerados no CEASA	26
Tabela 3– Tratamentos e COV.	27
Tabela 4 – Parâmetros físicos químicos do digestato	34
Tabela 5 - Sementes germinadas e comprimento das radículas	36
Tabela 6 – Classificação qualitativa de fitotoxicidade	36
Tabela 7 - Teste Dunnett comprimento da parte aérea.....	40
Tabela 8 – Teste de Dunnett comprimento do coleto 1% e 10%	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira De Normas Técnicas
BOD	Biochemical Oxygen Deman
CE	Condutividade Elétrica
CEASA	Central De Abastecimento Do Paraná S.A
COV	Composto Orgânico Volátil
CSTR	<i>Continuous Stirred Tank Reactor</i>
D	Dia
G	Gramas
H	Hora
m ³	Metros Cúbicos
mL	Mililitro
MMA	Ministério Do Meio Ambiente
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
NTK	Nitrogênio Total Kjeldhl
pH	Potencial Hidrogeniônico
PNRS	Plano Nacional De Resíduos Sólidos
RFL	Resíduos De Frutas E Legumes
Rpm	Rotações Por Minuto
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SV	Sólidos Voláteis
t	Tonelada
UEM	Universidade Estadual de Maringá

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 GERAÇÃO E DESTINAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL	15
3.2 FRAÇÃO ORGÂNICA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS	16
3.3 BIODIGESTÃO ANAERÓBIA.....	18
3.4 BIOFERTILIZANTE	20
3.5 FITOTOXICIDADE E PRODUÇÃO DE MUDAS	22
4 METODOLOGIA	25
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E DO DIGESTATO	25
4.1.1 Caracterização da Área de Estudo.....	25
4.1.2 Características do Digestato	26
4.2 DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.....	27
4.2.1 Potencial Hidrogeniônico (pH) e Condutividade Elétrica (CE).....	27
4.2.2 Análise de Macronutrientes	28
4.3 FITOTOXICIDADE E ÍNDICE DE GERMINAÇÃO	29
4.4 IDENTIFICAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO DIGESTATO NOS PARÂMETROS FITOMÉTRICOS DE MUDA.....	31
4.4.1 Produção de Mudas	31
4.4.2 Análise de parâmetros fitométricos	32
4.4.3 Massa Fresca e Massa Seca	33
4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA	33
5 RESULTADOS	34
5.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DOS DIGESTATOS	34
5.2 ENSAIO DE FITOTOXICIDADE	35
5.3 PRODUÇÃO DE MUDAS EM BANDEJA.....	37
5.3.1 Número de folhas	38
5.3.2 Parte Aérea	39

5.3.3 Comprimento das Raízes	41
5.3.4 Diâmetro dos Coletos.....	43
5.3.5 Massa Seca.....	45
5.3.6 Massa Fresca.....	46
6 CONCLUSÃO	48
REFERÊNCIAS.....	49
APÊNDICE A – ANÁLISE DE MACRONUTRIENTES NAS REPETIÇÕES	56
APÊNDICE B – ÍNDICE DE GERMINAÇÃO	57
APÊNDICE C – MASSA FRESCA E MASSA SECA	58

1 INTRODUÇÃO

A geração da fração orgânica de resíduos como dejetos animais, frutas e hortaliças no Brasil é de 51% superando a produção de outros tipos de resíduos como papel, vidro e plástico que fica em torno de 32%. Sendo as energias renováveis tais como o biogás uma alternativa ao processo de biodegradabilidade da fração orgânica dos resíduos através da digestão anaeróbia (BRASIL, 2012).

A digestão anaeróbia produz o biogás, que pode ser utilizado como fonte de energia ou queima direta para a cogeração de energia e além disso produz um efluente rico em nutrientes. Esse efluente geralmente é visto como uma nova geração de resíduos por apresentar coloração escura e mau cheiro, porém após uma caracterização de parâmetros físico-químicos obtêm-se respostas para subseqüentes testes qualitativos, a fim de saber se este efluente está disponível para utilização agrícola como fertilizante.

Os testes qualitativos são para verificar problemas que possam ser gerados caso o digestato produzido não tenha sido completamente esgotado em termos de compostos orgânicos e isso pode gerar problemas durante o armazenamento como emissão de odor, produção de compostos tóxicos e fitotoxicidade, limitando o potencial do biofertilizante (ALBURQUERQUE *et al.*, 2012).

O teste de fitotoxicidade através do índice de germinação possibilita compreender se o efluente está apto para nutrir a semente ou até mesmo com capacidade de inibir a germinação e o desenvolvimento da mesma, para tal é utilizado sementes de fácil crescimento e sensível a toxicidade como o Agrião do Seco (*Lepidium sativum*).

O efluente que não apresenta fitotoxicidade pode ser utilizado como biofertilizante, agregando um alto valor nutritivo as sementes e ao solo podendo corrigir o pH do solo, além de possuir em sua composição nutrientes como nitrogênio e fósforo, tornando -se ambientalmente viável para utilização agrícola (EMBRAPA, 2000).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Identificar a influência do efluente gerado pela digestão anaeróbia na produção de mudas de Agrião-do-Seco (*L. sativum*).

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar os diferentes digestatos a partir de parâmetros físico-químicos;
- Identificar a fitotoxicidade do digestato por meio de teste de germinação;
- Avaliar a influência da aplicação do digestato na produção de mudas de Agrião-do-Seco (*L. sativum*) por meio de parâmetros fitométricos.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Geração e destinação dos resíduos sólidos no Brasil

O Brasil apresentou entre os anos de 2014 e 2015 um crescimento econômico médio de 0,8% sendo este aumento proporcional a um elevado ritmo na geração *per capita* de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). A geração total de resíduo alcançou um índice equivalente a 218.874 t dia⁻¹ de RSU, indicando um aumento de 1,7% ao ano interior (ABRELPE, 2015).

Os resíduos sólidos de acordo com a Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010 são:

Materiais, substâncias, objetos ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010).

É notável a evolução e os sinais de aprimoramento da disposição final de RSU no país, apontando uma taxa de 58% de resíduos coletados e enviados para aterros sanitários, que são áreas consideradas adequadas para tal fim. Porém, ainda existe um montante considerável de unidades inadequadas que recebem em média em todo o país 82.000 toneladas por dia de resíduo, com alto potencial de contaminação ambiental (ABRELPE, 2015).

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) coloca que esta maneira de disposição final é inapropriada, pois de maneira geral e imediata, entre outros fatores, gera impactos ambientais, causa danos à saúde pública e riscos à segurança. A destinação final adequada é prevista no PNRS, propondo somente a disposição dos rejeitos gerados, sendo indicado para as outras classificações a não geração, redução, reutilização, reciclagem, recuperação, destinação final e aproveitamento energético de cada resíduo (Figura 1).



Figura 1 - Hierarquia na gestão dos resíduos sólidos propostas pela PNRS
Fonte: Adaptado de Brasil (2012)

A geração de resíduos para o ano de 2015 foi de 72,5 milhões de toneladas, se comparado com o que foi coletado, resulta em um índice de cobertura de coleta de 90,8%, o que deixa 7,3 milhões de resíduos que sem coleta, logo com destino final inadequado (ABRELPE, 2015).

3.2 Fração orgânica dos resíduos sólidos

Os resíduos orgânicos são compostos por restos de animais, frutas, vegetais e podem ser de diferentes origens, como, doméstica, urbana, industrial, agrícola e de saneamento básico (lodos de estação de tratamento de esgotos). A fração orgânica, em ambientes naturais equilibrados, tem sua degradação de forma natural, mas quando advinda de ambientes urbanos, em grandes volumes e armazenadas de forma inadequada podem tornar-se um problema. A disposição inadequada destes resíduos gera chorume e emissões de gases como o metano, além de proliferar vetores de doenças (MMA, 2017). Na Figura 2 pode-se observar a composição gravimétrica dos resíduos no Brasil.

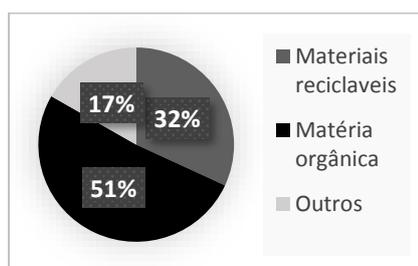


Figura 2 - Composição gravimétrica dos resíduos sólidos urbanos coletados em 2008 no Brasil
Fonte: Adaptado de BRASIL (2012)

A maior fração de resíduos do Brasil é representada pelos resíduos orgânicos, e em sua maior parte não é transformado em composto o que gera sérios transtornos ambientais (SIQUEIRA *et al.*, 2015). A grande quantidade de água e o conteúdo orgânico biodegradável desses resíduos causam danos aos aterros com a produção abundante de lixiviados e condições de queima instável e liberação de dioxinas na incineração. Sendo a digestão anaeróbia é um método efetivo de converter a fração orgânica em energia renovável, considerando a estabilização dos resíduos e a recuperação energética (LIU *et al.*, 2012).

A fração orgânica dos resíduos é constituída por parte putrescível e não putrescível, de resíduos sólidos urbanos, resíduos de frutas e verduras, rurais ou agrícolas, na qual as propriedades e características do material orgânico dos resíduos sofrem alteração em sua composição durante a ação dos microrganismos (SILVA, 2009).

É de extrema importância conhecer qual a composição do resíduo que será tratado. Sabendo a fração orgânica do material, propiciará na seleção do tratamento apropriado (BARCELOS, 2009). Para que o composto se torne aplicável agronomicamente, o material orgânico deve estar totalmente separado para que não haja contaminação e o composto seja de melhor qualidade (REIS, 2012).

Um grande gerador de fração orgânica dos resíduos é o CEASA e centros de distribuição e comercialização de frutas e verduras, e esses resíduos são descartados e levados para aterros (PERIM; ALMEIDA, 2013) o que gera prejuízos como a produção de chorume e de gases, já que poderiam ser utilizados para recuperação energética.

A fração orgânica através dos seus nutrientes proporciona um agente melhorador físico do ambiente radicular, a fração orgânica no solo tem a propriedade de aumentar o armazenamento de água, influencia também na aeração do substrato e em um maior desenvolvimento para as raízes, proporcionando um equilíbrio dinâmico (BARROS, 2011).

A grande quantidade de água e o conteúdo orgânico biodegradável desses resíduos causam danos aos aterros com a produção abundante de lixiviados e condições de queima instável e liberação de dioxinas na incineração. Sendo a

digestão anaeróbia é um método efetivo de converter a fração orgânica em energia renovável, considerando a estabilização dos resíduos e a recuperação energética (Liu *et al.*, 2012).

3.3 Biodigestão anaeróbia

A digestão anaeróbia é um mecanismo metabólico que ocorre em condições anóxicas, em que microrganismos se associam e transformam a matéria orgânica em dióxido de carbono e metano. Este processo é dividido em quatro etapas: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese. Em cada uma destas fases o processo é realizado por diferentes classes de microrganismos que necessitam de diferentes condições do meio (CIBIOGAS, 2017). Esse processo apresenta vantagens e desvantagens como visto na Tabela 1.

Tabela 1 - Vantagens e desvantagens do processo de digestão anaeróbia

Vantagens	Desvantagens
Baixa geração;	Bactérias anaeróbias são sensíveis a diversos compostos;
Pequeno consumo de energia;	Partida do processo pode ser demorada se o lodo não estiver adaptado;
Pequenas áreas;	Bioquímica e microbiologia de processo são complexas;
Geração de metano;	Produção de maus odors;
Suporta grandes cargas orgânicas;	Baixa remoção de nitrogênio;
Pode ser aplicado em pequena ou grande escala.	Baixa remoção de fósforo.

Fonte: Adaptado de Chernicharo (1997).

O sistema anaeróbio é ainda mais vantajoso se comparado com o sistema aeróbio, no processo anaeróbio ocorre a degradação de 70 a 90% da matéria orgânica, e em processos aeróbios a maior parte da matéria orgânica é incorporada a microbiana, apenas 40 a 50% do total é biodegradado (CHERNICHARO, 1997). A digestão anaeróbia além de gerar o biogás, gera um efluente que pode ser utilizado como biofertilizante para o solo, permitindo a recuperação energética e de nutrientes (CONVERTI *et al.*, 1999).

As bactérias que participam do processo de digestão anaeróbia são de diferentes grupos, porém esses grupos seguem uma sequência, onde o produto gerado em uma etapa serve de substrato para outro, causando assim uma relação de interdependência (GERARDI, 2003).

Segundo Chernicharo (1997) as bactérias que atuam no processo da digestão anaeróbia podem ser divididas em fermentativas, que quebram os polímeros em monômeros, as acetogênicas que geram o hidrogênio responsável pela transformação dos produtos gerados pelas bactérias fermentativas e as metanogênicas que usam os produtos gerados pelas acetogênicas para produzir metano e dióxido de carbono.

Na etapa da hidrólise ocorre a quebra de polímeros em monômeros, através de um processo bioquímico realizado pelas bactérias na qual enzimas são liberadas. O processo que ocorre na hidrólise é de extrema importância, pois é onde se inicia a biodigestão. Na acidogênese os resultados da hidrólise são transformados com a presença de bactérias fermentativas em ácidos, como ácido butanoico e propanoico, e em álcoois, assim como gás carbônico e hidrogênio. Nesta fase a concentração de hidrogênio é importante, pois interfere na eficiência da acidogênese, uma vez que se a concentração for alta pode causar o acúmulo de ácidos orgânicos, o que faz com o que pH diminua, afetando o processo (MACHADO, 2016).

Na etapa da acetogênese as bactérias atuam convertendo as substâncias resultantes da acidogênese em ácido etanoico, hidrogênio, gás carbônico e acetatos (CHERNICHARO, 1997). Na quarta etapa, conhecida por metanogênese, ocorre a geração de metano e gás carbônico como primeira reação, na segunda reação o hidrogênio e gás carbônico dão origem ao metano e água (MACHADO, 2016). Estas reações são promovidas pelas bactérias metanogênicas.

As reproduções das bactérias formadoras de metano variam de 3 dias a 35° C e 50 dias a 10° C, devido a este longo tempo de geração, os tempos de retenção são altos para uma grande população de bactérias formadoras de metano degradem os compostos orgânicos (GERARDI, 2003). A Figura 2 apresenta um esquema de como ocorre a biodigestão anaeróbia e os mecanismos envolvidos.

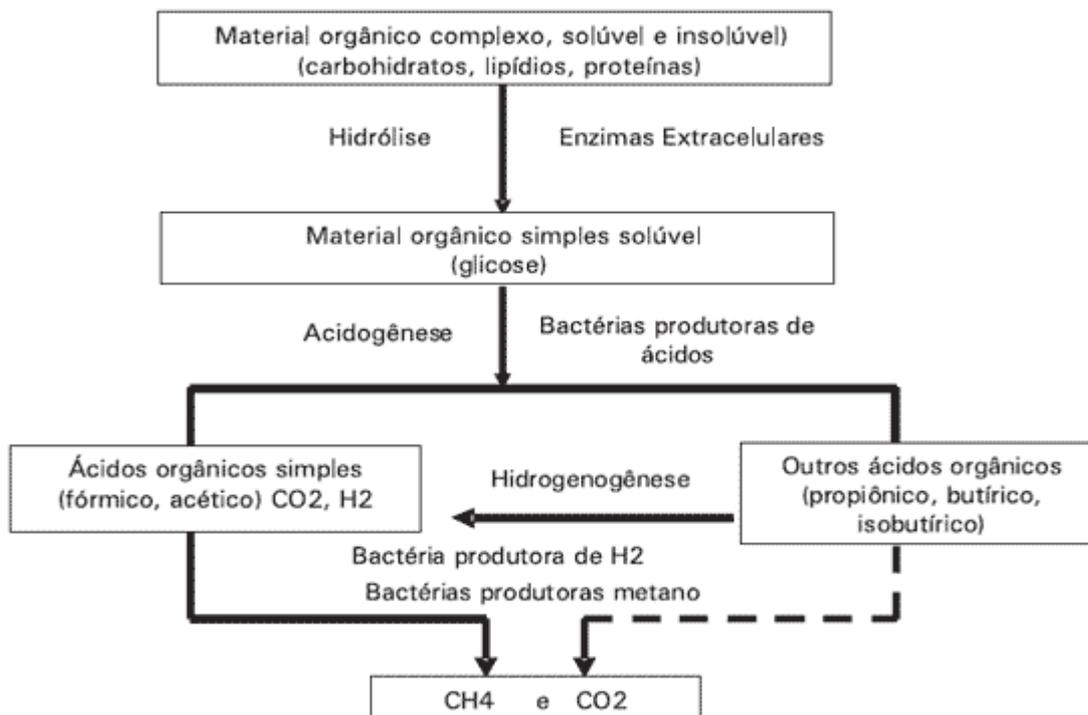


Figura 2 - Processo de digestão anaeróbia.
Fonte: Chernicharo (1997).

O processo da digestão anaeróbia é de grande importância, em particular para a fração orgânica putrescível. Todas essas reações resultam na produção do biogás e do biofertilizante, um efluente rico em nutrientes (REIS, 2012).

3.4 Biofertilizante

O biofertilizante é definido pela Lei N° 6.894, de 16 de dezembro de 1980, como “o produto que contenha princípio ativo apto a melhorar, direta ou indiretamente, o desenvolvimento das plantas” (BRASIL, 1980). O biofertilizante é resultado da fermentação anaeróbia de resíduos, geralmente advindo da produção de biogás, que em sua forma líquida tem uma complexa composição de nutrientes como nitrogênio e fósforo. atuando como agente direto na correção de pH do solo. Sendo assim torna-se ambientalmente e economicamente viável se comparado com os fertilizantes químicos (EMBRAPA, 2017).

O biofertilizante é um adubo proveniente da mistura de materiais orgânicos como esterco, frutas, verduras, minerais (macro e micronutrientes) por meio de processos aeróbios ou anaeróbio. Ele é resultante do processo de fermentação, dos microrganismos na decomposição da matéria orgânica, o que pode ser obtido com a simples mistura de água e esterco fresco (TIMM *et al.*, 2004).

Os biofertilizantes possuem os elementos necessários para a nutrição vegetal, variando as suas concentrações, dependendo da fermentação da matéria prima que gerou esse biofertilizante e do tempo da sua fermentação, estudos feitos com esterco de gado leiteiro analisaram a fermentação com 30,60,90 e 120 dias e perceberam maior concentração de nutrientes para 30 dias (MARROCOS, 2011).

Os biofertilizantes tem se mostrado uma ótima alternativa para a suplementação de nutrientes em hortaliças, podendo ser aplicados no solo ou diretamente nas plantas, sendo o biofertilizante líquido mais eficiente através de pulverização nas folhas, por promover um efeito mais rápido (SANTOS, 1991).

As mudas de qualidade são produzidas com biofertilizantes que tenham ausência de patógenos e elementos tóxicos, pH adequado, seja rico em nutrientes e estrutura que resulte em boa retenção de água e aeração do ambiente radicular. Além disso ainda proporciona uma melhoria no solo, em aspectos físico, químico e biológico, com ajuda dos seus nutrientes favorecendo a liberação de nutrientes para as plantas, fixação de nitrogênio, propiciando desenvolvimento da estrutura e benefícios ao desenvolvimento das mudas (BARROS, 2011).

A boa qualidade do biofertilizante está diretamente atrelada a composição do digestato e a matéria prima fornecida ao reator anaeróbio. Dependendo da composição do digestato para se tornar um biofertilizante será necessário um pré tratamento (AL SEADI; LUKEHURST, 2012).

A quantidade de biofertilizante gerada é diretamente proporcional à capacidade de geração de eletricidade de uma planta de biogás, uma média de aproximadamente 20 m³ ano⁻¹ de biofertilizante pode ser produzida por quilowatt de capacidade de geração elétrica (Figura 3).

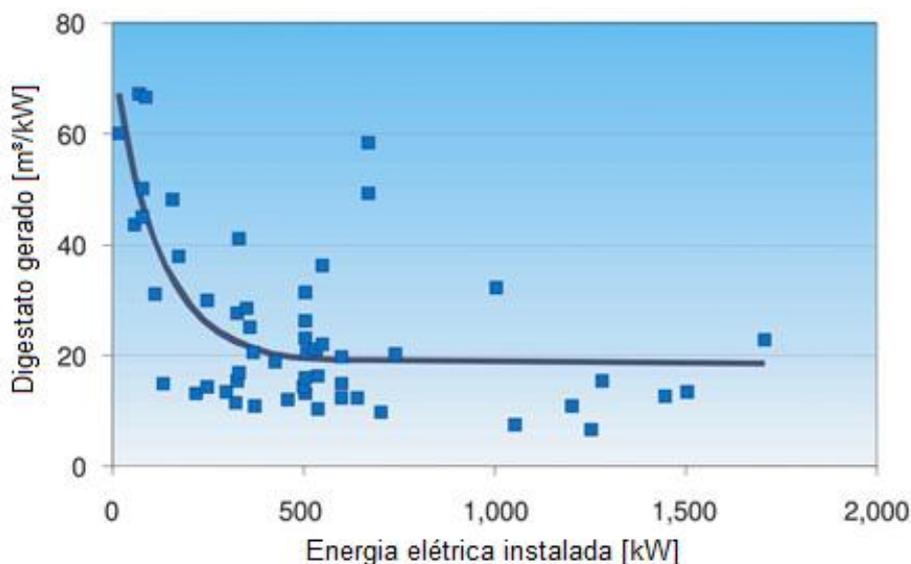


Figura 3 - Relação entre a quantidade específica de digestor gerado e a energia elétrica instalada.

Fonte: Adaptado de Al Seadi e Lukehurst. (2012).

Para gado leiteiro a produção energética para 45 kg d⁻¹ de dejetos é 0,54 Kwh d⁻¹ e a produção de biogás 0,54 m³ d⁻¹ animal⁻¹, logo a sua produção de biofertilizante seria de 0,54 m³ d⁻¹ animal⁻¹, o potencial de produção de biogás é determinado considerando que os dejetos serão obrigatoriamente misturados com água devido ao modelo de confinamento dos animais. Então como visto na Figura 3 a quantidade de biogás produzido é diretamente proporcional a quantidade de energia gerada pela planta, e a produção de biogás (BGS, 2013).

3.5 Fitotoxicidade e produção de mudas

O teste de fitotoxicidade é associado ao fenômeno de acumulação de diferentes substâncias que apresentam capacidade nociva as sementes a um nível que influencia de forma direta o índice de germinação, o crescimento e o desenvolvimento da muda (BECKET, 1977). O teste não obtém a determinação dos diferentes tipos de produto que circunstância a toxicidade, deste modo é indicado o uso de plantas sensíveis, com rápido desenvolvimento, como por exemplo a alface (*Lactuca sativa* L.) e o agrião (*L. sativum*) que respondem de maneira eficaz a diferença existente nos

fatores que influenciam em seu desenvolvimento padrão (TRAUTMANN; KRASNY, 1997; OLIVEIRA; SARTORI; GARCEZ, 2008).

O índice de germinação baseia-se no desenvolvimento de sementes e no crescimento inicial das radículas, em meio a um digestato aquoso tem comprovado ser um dos bioindicadores mais sensíveis (TIQUIA e TAM, 1998). A germinação de uma semente nada mais é que o aflorar e a progressão das estruturas essenciais da plântula onde em seguida sucede a ruptura do tegumento pela radícula. Os testes necessitam ser realizados em laboratórios, afim de controlar todos as condições externas, podendo assim obter uma germinação rápida e eficaz, dando condições para analisar todos os resultados obtidos e que possam ser comparados. (IPEF, 1998; BRASIL, 2009).

O teste de fitotoxicidade tem seus resultados em porcentagem de sementes germinadas, correspondente ao número de sementes em relação ao controle que produziram plântulas, o índice de germinação, e as plântulas podem ser classificadas como normais (intacta, pequenos defeitos e infecção secundária) e anormais (danificadas, deterioradas, deformadas) (BRASIL, 2009).

O cultivo de hortaliças é uma grande parcela da agricultura brasileira, sendo assim a produção das mudas é uma etapa de extrema importância. Nas últimas décadas a produção de mudas e hortaliças vem evoluindo, com a presença de tecnologias e novas práticas de manejo (EMBRAPA, 2017).

A produção de mudas pode ser iniciada de diferentes formas como: vasos, viveiros, sementeiras, berçários ou em bandejas, sendo consideradas alternativas viáveis para o plantio de mudas com tecnologias de cultura protegida. A cultura protegida aponta condições ótimas de manejo, como a irrigação e manutenção de substrato e digestato, trazendo maior eficácia na produção, contribuindo de modo direto para o grande número de mudas saudáveis. (BEZERRA, 2003)

Há diferentes formas que podem ser aplicadas (tubetes, bandejas de isopor, plástico, permitindo o desenvolvimento nos espaços em cultivos protegidos. O volume de cada célula e digestato usados são aspectos a serem levados em consideração na obtenção de uma muda com qualidade, influenciando diretamente no fornecimento de nutrientes e na estrutura da muda. (FARINACIO, 2010).

A produção de mudas de hortaliças em cultivo protegido apresenta diversas vantagens quando comparada ao sistema tradicional, como maior precocidade, maior

relação percentual entre sementes plantadas e mudas obtidas, melhor aproveitamento da área destinada à produção de mudas (BEZERRA, 2003).

Do mesmo modo, a classificação da fitotoxicidade é significativa, em virtude que com os resultados gerados nos estudos é possível estabelecer as características do produto que será usado como fertilizante tem potencial de inibição na germinação de sementes, o desenvolvimento das radículas e o crescimento das mudas (TRAUTMANN; KRASNY, 1997).

4 METODOLOGIA

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E DO DIGESTATO

4.1.1 Caracterização da Área de Estudo

O estudo foi iniciado com a utilização de frações orgânicas dos resíduos sólidos provenientes da Central de Abastecimento do Paraná S.A (CEASA) - Unidade Atacadista de Foz do Iguaçu, localizada na Avenida Juscelino Kubitschek, 1254, no município de Foz do Iguaçu –PR (Figura 4).



Figura 4 - Vista da área do CEASA – Foz do Iguaçu.
Fonte: Adaptado de Google Earth (2017).

O CEASA apresenta uma estrutura de comercialização e distribuição de produtos hortigranjeiros, pescados e outros perecíveis, e dispõe de uma área de instalação de 80.415 m² e comercializa 70.551 t ano⁻¹ destes produtos (CEASA, 2017). A Tabela 2 apresenta a composição média de resíduos gerados diariamente na unidade de Foz do Iguaçu no período de novembro a dezembro do ano de 2011.

Tabela 2– Quantificação dos resíduos gerados no CEASA unidade Foz do Iguaçu

Tipo de resíduos	Média (%)
Papel	2,94
Papelão	2,55
Plástico duro	1,85
Plástico mole	1,87
Mat. Ferrosos	1,85
Alumínio	0,09
Vidro	0,75
Mat. Orgânico	85,55
Rejeito	2,55
TOTAL	100

Fonte: UEM, 2012.

Entre os resíduos gerados, 85% é de origem orgânica, e essa parcela, juntamente com os rejeitos são recolhidos pela Prefeitura Municipal destinados ao Aterro Municipal de Foz do Iguaçu-PR, e os outros resíduos são destinados a reciclagem. A segregação é feita pelos permissionários e a coleta é realizada pela equipe de limpeza (UEM, 2012).

4.1.2 Características do Digestato

O digestato utilizado foi proveniente de um ensaio utilizando reator de mistura completa tipo CSTR (*Continuous Stirred Tank Reactor*) (B Braun Biotec – Bioestat B) em escala de bancada, com volume operacional de 4 L e operação mantida com um TRH de 30 dias. A alimentação do reator foi realizada em regime semi-contínuo e progressivamente aumentada de 0,5 g SV L⁻¹ d⁻¹ para 5,0 g SV L⁻¹ d⁻¹ durante um período de 122 dias (Tabela 3).

Tabela 3– Tratamentos e COV.

Tratamentos	COV (g SV L ⁻¹ d ⁻¹)
Início da alimentação	0,5
Tratamento 1	0,5
Tratamento 2	1,0
Tratamento 3	1,5
Tratamento 4	2,0
Tratamento 5	2,5
Tratamento 6	3,0
Tratamento 7	3,5
Tratamento 8	4,0
Tratamento 9	5,0

Fonte: Autoria própria (2017).

A COV é proveniente dos RFL, que foram coletados durante o mês de novembro de 2015, em uma única etapa afim de manter uma regularidade nos resultados obtidos para que não houvesse nenhum tipo de interferência externa e inapropriada.

4.2 DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

4.2.1 Potencial Hidrogeniônico (pH) e Condutividade Elétrica (CE)

As determinações de pH, CE foram realizadas com base na metodologia proposta por Tedesco (1995). Os teores de sólidos totais (ST), sólidos voláteis (SV) e nitrogênio total Kjeldahl foram determinados a partir da metodologia expressa em (APHA, 2008). O teor de proteína foi estimado a partir do método centesimal, multiplicando-se o teor de NTK pelo fator 6,25, considerando teor médio de aproximadamente 16% de nitrogênio na composição de proteínas e a concentração de amônia das amostras como insignificante e o teor de lipídeo foi determinado a com

base em Cecchi (1999). Por fim, as determinações de fósforo (P) e potássio (K) foram realizadas com base em (Malavolta, 1997) (Figura 5).



Figura 5 - pHmetro de bancada (a); Condutivímetro portátil (b).

4.2.2 Análise de Macronutrientes

A análise de macronutrientes é caracterizada pela determinação de nitrogênio, fósforo, potássio e carbono orgânico nas amostras. Para a determinação do nitrogênio (Nitrogênio Total Kjeldahl – NTK) seguiu-se a metodologia proposta por Malavolta; Vitti e Oliveira (1997). As amostras foram secas em estufa a 50°C, trituradas e em seguida, colocou-se aproximadamente 0,2 g de cada amostra em tubos de ensaio juntamente com 3 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) e 0,7 g de mistura digestora, ocorrendo 3 etapas: digestão, destilação e titulação.

Na etapa de digestão os tubos de ensaio foram aquecidos a 350 °C em um bloco digestor da marca Brastec. Na destilação, utilizando-se um destilador de nitrogênio da marca Tecnal, adicionou-se em cada tubo 10 mL de hidróxido de sódio ($NaOH$ 10 mols L^{-1}); o material resultante da destilação foi recolhido em ácido bórico (H_3BO_3). Por fim, titulou-se as amostras com ácido sulfúrico (H_2SO_4 0,025 mol L^{-1}),

com o auxílio de um titulador da marca Jencons. Deste modo o teor de NTK é obtido através da Equação 1.

$$NTK(\%) = \frac{(V_{tit} - V_{bra}) * Fc * 700 * \frac{1}{P}}{10.000} \quad \text{Eq. 1}$$

Em que:

V_{tit} = Volume titulado para a amostra (mL)

V_{bra} = Volume titulado para o branco (mL)

Fc = Fator de correção do ácido

P = peso da amostra (g)

4.3 Fitotoxicidade e índice de germinação

Para testar a existência de fitotoxicidade nos nove tratamentos do digestato, foram escolhidas sementes de Agrião-do-seco de folhas largas (Feltrin Sementes/Golden) (Figura 6), pois as sementes de Agrião do Seco são extremamente sensíveis (Albuquerque, 2012).



Figura 6 - Sementes nuas de Agrião-do-seco (*Lepidium sativum*)

As placas de petri foram forradas com papel filtro (Nalgon/3 micras) e autoclavadas afim de evitar contaminação por microrganismos. Foram centrifugados 80 mL de cada tratamento, com uma rotação de 15000 rpm durante 15 minutos. Após centrifugados os tratamentos foram filtrados para que os sólidos sedimentados não interferissem nos resultados (Figura 7).



Figura 7 - Tratamentos filtrados.

O teste de germinação adaptado segundo Zucconi et al. (1985, *apud* SILVA; BOAS, 2007) que avalia a fitotoxicidade dos substratos foi feita em quintuplicatas em placas de petri para cada amostra em 100%, e diluídos em 50%, 10%, 1%, e ainda, utilizou-se 5 placas com água ultrapura como controle para cada diluição.

Foram colocadas 10 sementes alinhadas de agrião (*L. sativum*) em cada placa, e adicionou-se 2 mL de cada diluição (Figura 8).

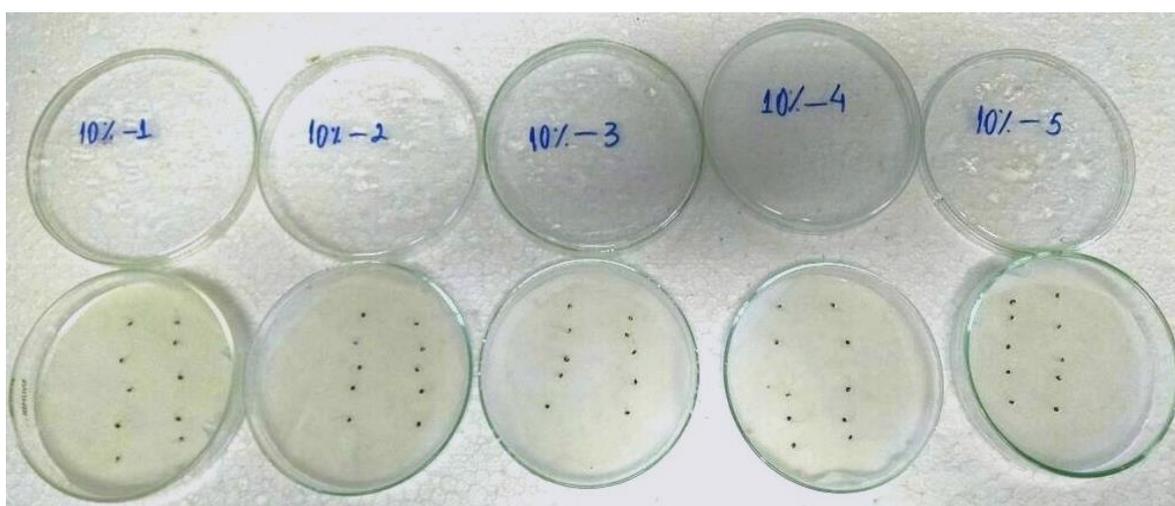


Figura 8- Placas de petri com sementes de Agrião do Seco (*L. sativum*)

As placas foram levadas para uma Incubadora tipo BOD durante um período de 72 horas com temperatura controlada de 23°C, sem a influência de fotoperíodo (DI MARIA et al., 2014). Após o período de incubação foi feita a contagem das sementes que germinaram, quantificando o comprimento de cada radícula com um escalímetro fixado na bancada.

Com o experimento realizado foi possível fazer o cálculo do índice de germinação conforme Equação 3.

$$IG = \%G * \frac{Lm}{Lc} \quad \text{Equação 3}$$

Em que:

IG = Índice de germinação;

%G = Porcentagem de germinação em relação ao controle;

Lm = Longitude média das raízes da amostra (cm);

Lc = Longitude média das raízes do controle (cm).

4.4 IDENTIFICAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO DIGESTATO NOS PARÂMETROS FITOMÉTRICOS DE MUDA

4.4.1 Produção de Mudanças

Para o teste de crescimento de mudas foram utilizadas 30 repetições, com 8 tratamentos mais o controle, sendo cada amostra diluída em 10% e 1% em bandejas com 30 células. Foram testadas somente estas diluições pois através do teste do índice de germinação identificou-se fitotoxicidade nas diluições de 100% e 50%.

As bandejas foram preparadas adicionando 600 mL de água destilada em cada

vaso, e colocado uma quantidade padrão de perlitas que preencha um pouco mais que a metade da bandeja para que elas saturassem por capilaridade, durante 24 horas (Figura 9).



Figura 9 – Bandejas para semeadura das sementes de Agrião (*L. sativum*)

Foram adicionadas duas sementes de Agrião (*L. sativum*), em cada uma das células de acordo com a metodologia de Albuquerque *et al* (2012), as bandejas foram levadas para a BOD a uma temperatura de 23 °C por nove dias. A água destilada dos vasos foi substituída pelas diluições 1 e 10% de cada tratamento.

Foi selecionada uma muda por célula mantendo um padrão característico por vaso e permanecendo na BOD por mais 3 semanas com um fotoperíodo de 16 h d⁻¹ a 21 °C fazendo um rodízio semanal na disposição dos vasos dentro da BOD. Foi necessário o acompanhamento do nível das diluições em cada vaso, uma vez que as mesmas evaporavam ou eram consumidas pelas mudas.

4.4.2 Análise de parâmetros fitométricos

Foram selecionadas 5 mudas de cada tratamento, separando-as em aérea e radicular, posteriormente as mudas foram cortadas com um estilete para que

pudessem ser medidas o comprimento da raiz, parte aérea, diâmetro do coleto e contagem do número de folhas de cada muda (Figura 10).

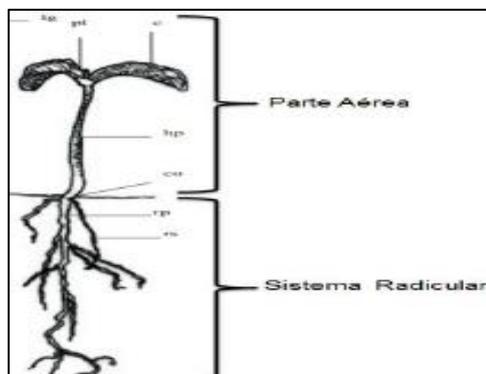


Figura 10 – Parte aérea e sistema radicular
Fonte: Adaptado Amaro *et al* (2006).

4.4.3 Massa Fresca e Massa Seca

Para cada tratamento pesou-se em balança analítica separadamente as raízes e a parte aérea das 5 mudas em cadinhos, quantificando as massas frescas. Para a análise da massa seca os cadinhos com a massa fresca, foram colocados na estufa por 48 horas a 65°C.

4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados referentes às médias de cada parâmetro fitométrico para os fatores 1% e 10% foram inicialmente submetidos ao teste de normalidade utilizando-se o teste de Anderson-Darling ($\alpha = 5\%$). Para os resultados que apresentaram distribuição normal dos dados aplicou-se em seguida o teste de comparação de médias utilizando-se o teste de Dunnett ($\alpha = 5\%$), que compara as médias de cada tratamento com as médias obtidas pelo grupo controle.

5 RESULTADOS

5.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DOS DIGESTATOS

Os dados referentes a caracterização físico química dos digestatos gerados pela digestão anaeróbia por tratamento estão apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Parâmetros físicos químicos do digestato

Parâmetro	Unidade	Carga Orgânica (g SV L ⁻¹ d ⁻¹)								
		0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0
pH		8,59	8,47	8,24	8,71	8,84	8,9	8,92	8,88	8,98
C.E	mS cm ⁻¹	9,54	9,52	9,53	9,98	10,39	7,67	12,03	8,55	10,59
N	g kg ⁻¹	1,46	1,58	1,26	1,52	1,42	2,52	2,22	2,27	2,67
P	g kg ⁻¹	18,11	21,19	14,97	16,32	15,49	10,63	11,32	18,56	10,06
K	g kg ⁻¹	18,51	20,67	73,29	52,7	68,75	45,67	58,06	45,83	40,14

Fonte: Autoria própria (2017)

O pH dos digestatos de todos os tratamentos apresentou-se levemente alcalino, com média de $8,73 \pm 0,25$. Este fator é favorável para aplicação de digestatos na produção de mudas, visto que valores de pH distantes da neutralidade interferem no desenvolvimento vegetal. A CE média dos digestatos estiveram em um intervalo de 8,6 até 10,6 mS cm⁻¹, valor superior a reportado por CARON et al (2004) entre 1,0 a 2,5 mS cm⁻¹ como condição equilibrada de fornecimento de nutrientes para produção vegetal. Andriolo (1996) reportou a tolerância para a salinidade para diferentes espécies de planta, sendo que o valor limite deve permanecer em torno de 1,3 mS cm⁻¹, podendo prejudicar o desenvolvimento de plantas em condições de CE mais elevada. Mudanças na absorção de água e fixação dos nutrientes induzem a alterações morfológicas das plantas, e variações da área foliar, e de modo geral altera a produção final de massa seca das plantas.

O teor de nitrogênio variou conforme os tratamentos, porém chegando próximo

a $1,5 \text{ g kg}^{-1}$, ou seja, próximo do valor de referência para este nutriente nas plantas (EPSTEIN, 1965). O nitrogênio é um nutriente de grande importância para o crescimento da maioria das plantas, sendo importante em todas as suas fases de crescimento. Em excesso causa um crescimento acelerado, folhas mais verdes e diminui a resistência da planta. Já em baixas concentrações o nitrogênio pode reduzir o crescimento foliar e aumentar o sistema radicular provocando clorose foliar (GIRACCA, 2016).

O fósforo apresentou valores altos se comparado com o valor de referência $0,2 \text{ g kg}^{-1}$ (EPSTEIN, 1965) e isso pode ocasionar um menor desenvolvimento dessa planta, além disso nas folhas velhas causa clorose e raízes amarelas (MOREIRA et al., 2001).

O potássio considerado como um dos macronutrientes com maior índice de absorção do mesmo modo que o nitrogênio, ele favorece de maneira direta na constituição das radículas e também no amadurecimento dos frutos (EPSTEIN; BLOOM, 2006). Todos os tecidos existentes na planta são compostos por uma proporção de potássio, já a escassez de potássio pode levar a um crescimento rudimentar, enrolamento das folhas, manchas brancas, gerando transtornos no desenvolvimento das mudas. O potássio ideal para um bom desenvolvimento das plantas está inserido dentro de $1,0 \text{ g kg}^{-1}$ (GIRACCA, 2016), fato que indica que não existe escassez de potássio uma vez que a média de potássio existente foi de $18,5 \text{ a } 73,3 \text{ g kg}^{-1}$.

5.2 ENSAIO DE FITOTOXICIDADE

Na Tabela 5 têm-se a quantidade de sementes germinadas relacionadas ao controle e as diluições de cada tratamento, juntamente com o comprimento das radículas indicando assim sua fitotoxicidade através da Equação 3.

Tabela 5 - Sementes germinadas e comprimento das radículas

NÚMERO DE SEMENTES GERMINADAS									
COV (g SV L⁻¹ d⁻¹)	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5
CONTROLE	9	9	9	9	9	9	10	9	9
100%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50%	0	1	2	7	0	0	0	0	0
10%	9	9	8	9	9	8	9	9	10
1%	9	9	8	9	7	8	9	9	9
COMPRIMENTO RADÍCULA (mm)									
CONTROLE	6	7	5	6	7	5	5	5	7
100%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50%	0	2	3	6	4	2	0	0	0
10%	9	8	8	8	9	6	4	7	5
1%	8	8	7	5	9	6	5	5	9

Fonte: Autoria própria (2017)

Nota-se que para a diluição 100% nenhuma das sementes germinaram, já para a 50% apenas 3 tratamentos germinaram, e de modo análogo, para as diluições 10% e 1% todos os tratamentos germinaram. Isso pode ter ocorrido pelo fato das diluições 100% e 50% terem uma maior concentração de nutrientes, sendo superiores a quantidade de nutrientes necessários para o desenvolvimento das sementes, o mesmo pode ser observado para as radículas. Na Figura 11 verifica-se o índice de germinação e o seu limite mínimo de acordo com a Equação 3.

De acordo com a classificação proposta por Bello (2011) (Tabela 6), foi possível verificar um desenvolvimento eficaz das diluições 10% e 1%, visto que todos apresentaram características de compostos maturados. O digestato bruto e diluído em 50% apresentaram IG abaixo de 60%, sendo considerado fitotóxico ou muito fitotóxico (Tabela 6).

Tabela 6 – Classificação qualitativa de fitotoxicidade

%G	CLASSIFICAÇÃO DO MATERIAL EM ANÁLISE
> 100	O material potencia a germinação e o crescimento da raiz das plantas
80 - 100	Não fitotóxico; composto maturado
60 - 80	Moderadamente fitotóxico
30 - 60	Fitotóxico
< 30	Muito fitotóxico

Fonte: Bello (2011).

As diluições em 100% e 50% apresentaram de modo geral índices de

fitotoxicidade, pois nenhum dos tratamentos germinaram para 100% e somente 4 tratamentos (1; 1,5; 2,5 e 3 g SV L⁻¹ d⁻¹) diluídos em 50% germinaram, porém todos estiveram abaixo de 60%, indicando uma alta concentração de nutrientes em meio a sua composição, inibindo o desenvolvimento das sementes.

Os melhores resultados para a diluição em 10% foram obtidos para a COV de 0,5 e 4,0 g SV L⁻¹ d⁻¹, indicando que os teores de nutrientes e baixa concentração de matéria orgânica bruta no início do processo e, de forma análoga, ao final do processo, permitiram a melhor fixação de nutrientes pelas plantas. Durante as COV intermediárias, o processo de *washout* do conteúdo do reator pode ter influenciado na dinâmica de nutrientes. Para as diluições em 1% os melhores resultados foram obtidos 0,5 e 5,0 g SV L⁻¹ d⁻¹, com IG substancialmente superior ao controle.

5.3 PRODUÇÃO DE MUDAS EM BANDEJA

Os resultados obtidos na produção de mudas em bandejas estão apresentados no Quadro 2, no qual todos os parâmetros estão indicados para todos os tratamentos.

PARÂMETROS	COV (g SV L ⁻¹ d ⁻¹) diluição 1%								
	CONTROLE	0,5	1,0	1,5	2,5	3,0	3,5	4,0	5,0
folhas (unidade)	2,5	2,4	2	4	2	2	2	2	3,2
Parte aérea (mm)	45,60	57,184	50,88	43,1	49	51,02	49,21	57,22	43,16
Raiz (mm)	21,34	11,91	14,56	33,24	24,13	18,53	17,6	22,84	23,13
Diâmetro (mm)	0,26	0,36	0,314	0,43	0,356	0,318	0,354	0,508	0,444
M.F. Aéreo (g)	0,0585	0,0538	0,0464	0,1490	0,0667	0,0565	0,0469	0,0708	0,0783
M.F. Raiz (g)	0,0023	0,0006	0,0011	0,0022	0,0022	0,0062	0,0121	0,0120	0,0021
M.S. Aéreo (g)	0,0028	0,002	0,003	0,019	0,002	0,003	0,008	0,052	0,044
M.S. Raiz (g)	0,0002	2E-04	3E-04	9E-04	6E-04	0,002	0,003	0,002	4E-04
PARÂMETROS	COV (g SV L ⁻¹ d ⁻¹) diluição 10%								
folhas (unidade)	2,5	3,4	3,8	4	2,4	2	2,6	4	2,2
Parte aérea (mm)	45,60	53,498	58,82	32,68	48,46	59,82	58,63	58,62	45,52
Raiz (mm)	21,34	16,228	21,17	22,41	17,75	18,64	23,07	29,83	23,12
Diâmetro (mm)	0,26	0,402	0,358	0,456	0,422	0,412	0,364	0,47	0,47
M.F. Aéreo (g)	0,0585	0,1023	0,1097	0,1460	0,0817	0,0680	0,0762	0,1572	0,0701
M.F. Raiz (g)	0,0023	0,0019	0,0015	0,0040	0,0068	0,0074	0,0094	0,0216	0,0044
M.S. Aéreo (g)	0,0028	0,0078	0,044	0,067	0,002	0,043	0,004	0,01	0,01
M.S. Raiz (g)	0,0002	0,0007	2E-04	0,002	9E-04	0,002	8E-04	0,003	0,001

Quadro 1 – Resultados dos parâmetros da produção das mudas.

O tratamento que apresentou de forma geral as melhores condições para o desenvolvimento das mudas foi o 4 g SV L⁻¹ d⁻¹, indicando melhores parâmetros na maioria dos critérios avaliados, mostrando-se superior se comparado ao controle e a outros tratamentos. Fato que pode ser explicado pelo fato do tratamento 4 g SV L⁻¹ d⁻¹ estar em um estágio no qual a estabilização da ação das bactérias estava quase em seu final, mostrando-se assim eficaz em todo o processo de crescimento das mudas.

5.3.1 Número de folhas

Feito (2017a) análise estatística para o número de folhas foi possível perceber que não apresentou normalidade entre as médias, pois, o *P valor* apresentou valor menor a 5%, deste modo não foi efetuado o teste ANOVA. O número de folhas foi maior para o tratamento 1,5 g SV L⁻¹ d⁻¹ com 4 folhas, e para os tratamentos 0,5; 1 e 5 g SV L⁻¹ d⁻¹ obteve-se valores entorno de 3 folhas, mostrando-se superiores ao controle que apresentou em média 2,5 folhas. Tal resultado indica que as mudas atingiram o estágio de transplante de local de desenvolvimento como indica Filgueira (2013). Na Figura 12a tem-se o número de folhas para as diluições 10% e na Figura 11b em 1%.

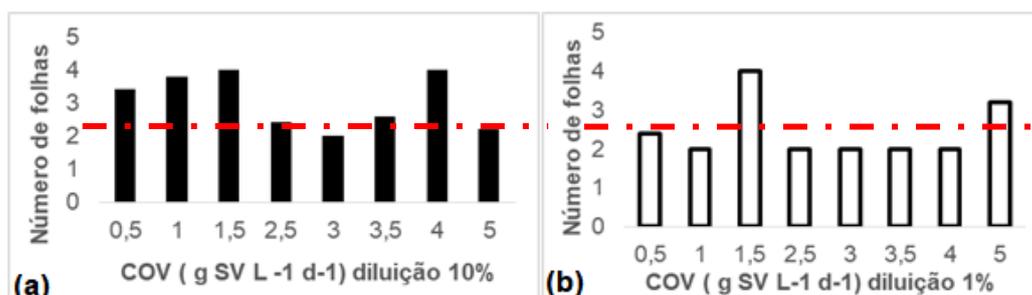


Figura 11 - Número de folhas.
Fonte: Autoria própria (2017)

Para a diluição 10% observou-se que houve um crescente do tratamento 0,5 ao 1,5 g SV L⁻¹ d⁻¹, tal resultado pode ser explicado pela adaptação do inóculo, onde no início há a reprodução das bactérias e posteriormente sua estabilização. Para a diluição de 1% observa-se novamente que uns dos maiores valores para o número de

folhas foi para o tratamento 1,5 g SV L⁻¹ d⁻¹, porém, os outros valores se mantiveram mais estáveis e isso pode ser explicado pelo fato dessa diluição ser maior e apresentar menos nutrientes.

5.3.2 Parte Aérea

A teste de normalidade realizado para o comprimento da parte aérea, pode ser analisada através da Figura 12, indicando um tendência linear ara os resultados e um *P* valor adequado para que pudesse ser feito o teste Dunnett para a ANOVA.

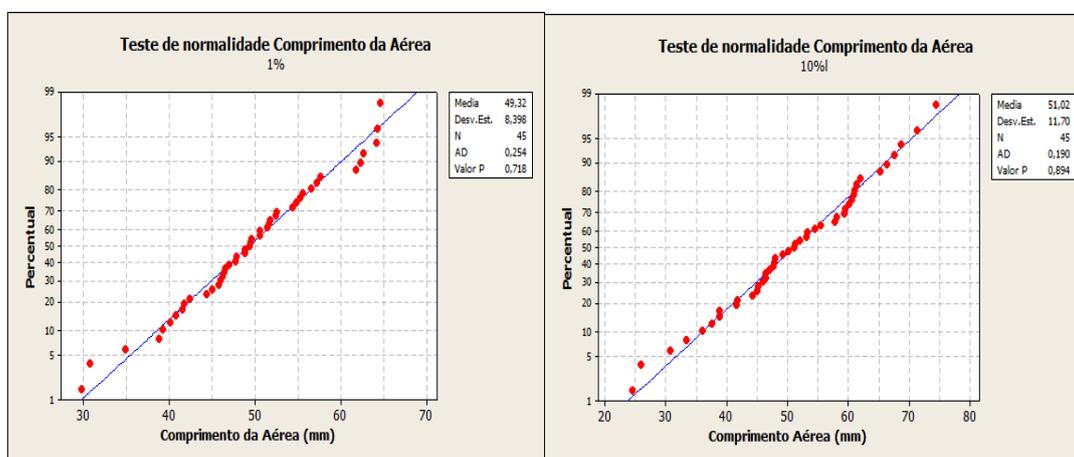


Figura 12 – Teste de normalidade Comprimento da Aérea
Fonte: Autoria própria (2017)

A ANOVA indicou que não houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos para a parte, uma vez que o *P* valor é maior que 5% para os fatores 1% e 10%, sendo feito então o teste de Dunnett (Tabela 7) para identificar o melhor resultado entre os tratamentos. Para o fator 1% relacionado ao controle os tratamentos que apresentaram melhores resultados foram o 4,0 e 0,5 g SV L⁻¹ d⁻¹, sendo o 4,0 g SV L⁻¹ d⁻¹, o que melhor respondeu a ação dos nutrientes.

Para o fator 10% os tratamentos que demonstraram melhores resultados de acordo com o controle foram 1,0; 3,0; 3,5; e 4,0 g SV L⁻¹ d⁻¹ demonstrando um melhor aproveitamento para o 3,0 g SV L⁻¹ d⁻¹.

Tabela 7 - Teste Dunnett comprimento da parte aérea

Tratamentos	N	1%	
		Significância	Agrupamento
0,0 (controle)	5	43,096	A
4,0	5	57,220	*
0,5	5	57,184	*
3,0	5	51,024	A
1,0	5	50,880	A
3,5	5	49,212	A
2,5	5	48,998	A
5,0	5	43,162	A
1,5	5	43,096	A
10%			
0,0 (controle)	5	43,096	A
3,0	5	59,822	*
1,0	5	58,824	*
3,5	5	58,634	*
4,0	5	58,620	*
0,5	5	53,498	A
2,5	5	48,464	A
5,0	5	45,520	A
1,5	5	32,676	A

*: Média diferente se comparado ao controle

O fator 1% demonstrou diferentes resultados do controle para os tratamentos 0,5 e 4 g SV L⁻¹ d⁻¹, indicando uma melhor associação dos nutrientes para o tratamento 4 g SV L⁻¹ d⁻¹, para o fator 10%, 4 tratamentos obtiveram resultados significativos e diferentes das médias da significância, sendo o 4 g SV L⁻¹ d⁻¹ novamente um dos mais expressivos estatisticamente. Na Figura 13 observa-se a média da parte aérea para a diluição 10% (Figura 13a) e 1% (Figura 13b).

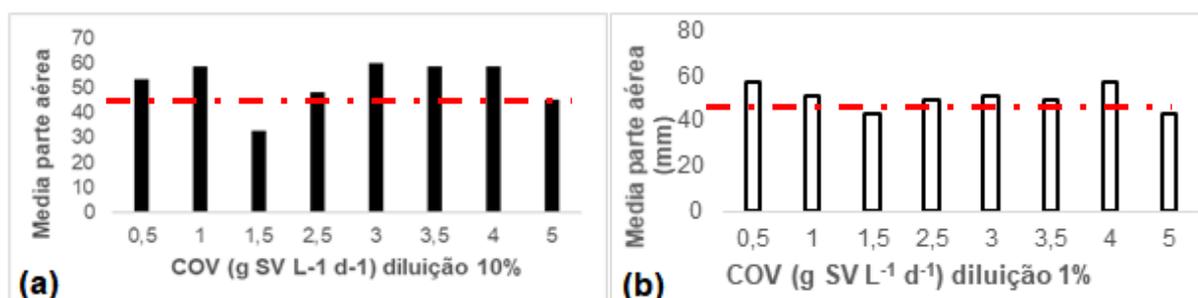


Figura 13-Média da parte aérea.
Fonte: Autoria própria (2017)

A diluição 10% apresentou para a maioria dos tratamentos um crescimento por volta de 58 mm, na qual apenas o tratamento $1,5 \text{ g SV L}^{-1} \text{ d}^{-1}$ indicou um crescimento inferior ao restante dos tratamentos. Para a diluição 1% o crescimento foi inferior se comparado a diluição 10%, sendo que a maior medida foi de 57,22 mm para o tratamento $4 \text{ g SV L}^{-1} \text{ d}^{-1}$, o tratamento $0,5 \text{ g SV L}^{-1} \text{ d}^{-1}$ demonstrou um bom crescimento na parte aérea para esta diluição. Ambas as diluições apresentaram valores superiores ao controle que foi de 45,6 mm (Quadro 2).

Segundo Patro (2013) quando as plântulas do Agrião do seco (*Lepidium sativum*) atingem 60 mm, já estão aptas a ser transplantadas, podendo medir até 600 mm em sua fase adulta. Deste modo os tratamentos mostraram-se satisfatórios para o desenvolvimento do Agrião do seco (*L. sativum*), evidenciando potencial para a diluição 10%, uma vez que os tratamentos se aproximaram a 60 mm de comprimento da parte aérea (Figura 14).



Figura 14 – Medida do comprimento da parte aérea.

5.3.3 Comprimento das Raízes

Para o comprimento da raiz não foi calculado a ANOVA, pois, o *P valor* indicado foi menor que 5%. Pode-se notar que a variação nas características dos tratamentos não foi o necessário para interferir no comprimento das raízes

das mudas. Na Figura 15 observa-se a média do comprimento das raízes para a diluição 10% e 1%

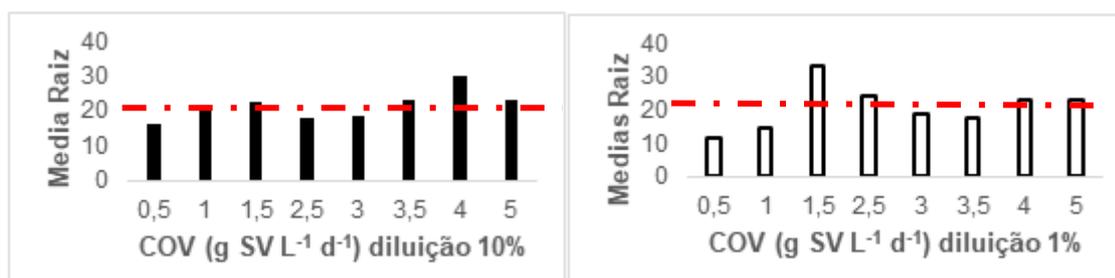


Figura 15 - Média do comprimento das radículas.
Fonte: Autoria própria (2017)

De modo geral, as raízes apresentaram uma tendência crescente, na qual apenas os tratamentos 2,5; 3 e 3,5 g SV L⁻¹ d⁻¹ decaíram para a diluição 1%, podendo ser notado um comportamento diferente ao tratamento diluídos em 10%, pois os tratamentos 2,5 g SV L⁻¹ d⁻¹ ao 4 g SV L⁻¹ d⁻¹ obtiveram um crescente em seus comprimentos. Todas as mudas que se desenvolveram em ambas diluições apresentaram raízes com características brancas sem nenhum tipo de anormalidade em suas extremidades (Figura 16), o que indica ser uma raiz bem desenvolvida e bem estruturada (OLIVEIRA, 2016).



Figura 16 - Raiz branca

5.3.4 Diâmetro dos Coletos

O teste de normalidade para os fatores 1% e 10% para o diâmetro dos coletos apresentaram $P\text{ valor} > 0,05$, deste modo foram analisados juntamente com o teste de Dunnett para melhor identificar os tratamentos que se desenvolveram de maneira eficaz com a ação dos nutrientes (Figura 17 e 18, Tabela 8).

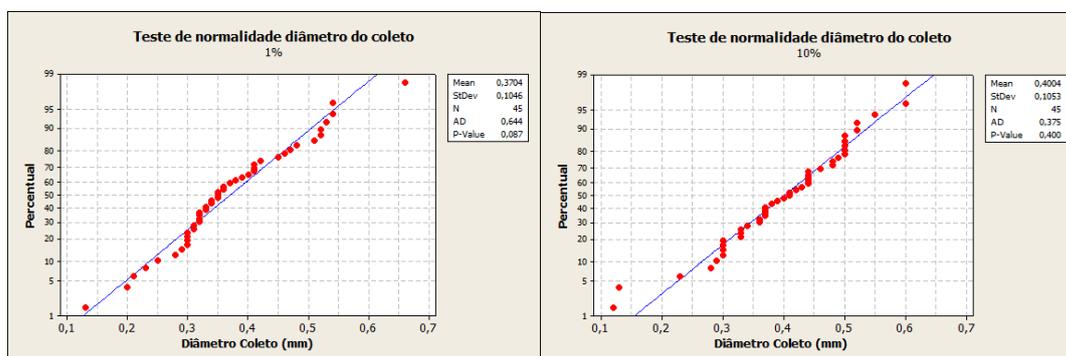


Figura 17 – Teste de normalidade diâmetro dos coletos 1% e 10%
Fonte: Autoria própria (2017)

Tabela 8 – Teste de Dunnett comprimento do coleto 1% e 10%

Tratamento	N	1%	
		Significância	Agrupamento
0,0 (controle)	5	0,250	A
5,0	5	0,470	*
4,0	5	0,470	*
1,5	5	0,456	*
2,5	5	0,422	*
3,0	5	0,412	*
0,5	5	0,402	A
3,5	5	0,364	A
1,0	5	0,358	A

Tratamento	N	10%	
		Significância	Agrupamento
0,0 (controle)	5	0,250	A
4,0	5	0,508	*
5,0	5	0,444	*
1,5	5	0,430	*
0,5	5	0,360	A
2,5	5	0,356	A
3,5	5	0,354	A
3,0	5	0,318	A
1,0	5	0,314	A

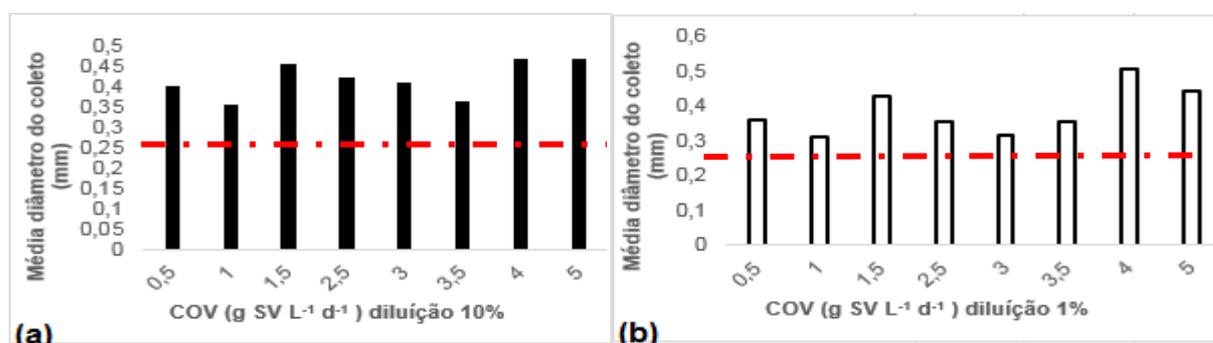


Figura 18 - Média do diâmetro dos coletos.
 Fonte: Autoria própria (2017)

A média do diâmetro dos coletos para ambas as diluições foi melhor com o tratamento 4 g SV L⁻¹ d⁻¹, os tratamentos 1,5 e 5 g SV L⁻¹ d⁻¹ também se apresentaram eficazes. No desenvolvimento das mudas é interessante que haja uma colaboração entre raiz e parte aérea e uma boa relação entre parte aérea e o diâmetro do coleto. Pois são importantes parâmetros morfológicos que contribuem para o crescimento das mudas quando transplantadas (HORTIFRÚTI, 2014).

5.3.5 Massa Seca

Não foi realizado ANOVA para as massas secas da raiz e parte aérea pois os testes de normalidade para ambos os parâmetros indicaram o P valor $< 0,05$, sendo assim não necessária a aplicação do teste de Dunnett. As médias de todos os tratamentos para as diluições 1% e 10% da massa seca da raiz apresentaram diferentes comportamentos (Figura 19a e 19b), o mesmo ocorreu para a massa seca da parte aérea (Figura 19c e 19d).

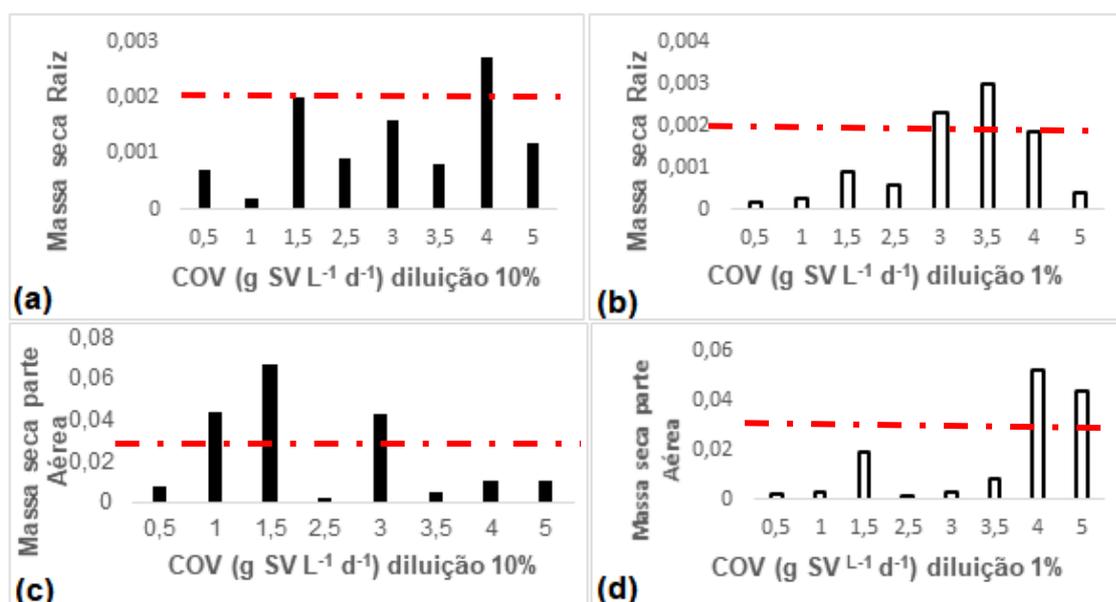


Figura 19 - Massa seca da raiz e parte aérea.
Fonte: Autoria própria (2017)

Na diluição 10% os melhores tratamentos para a massa seca raiz foram 1,5 e 4 g SV L⁻¹ d⁻¹. Já para a diluição 1%, apresentou-se maiores valores para os tratamentos 3; 3,5 e 4 g SV L⁻¹ d⁻¹ sendo que para os demais tratamentos os valores foram baixos, os maiores valores apontaram que a maior assimilação de nutrientes e existência de matéria orgânica apareceu no digestato (WATTHIER, 2014).

Os tratamentos da massa seca da parte aérea apresentaram-se bastante variáveis, sendo que os tratamentos 1; 1,5 e 3 g SV L⁻¹ d⁻¹ para a diluição de 10% foram os de maiores gramaturas, juntamente com os tratamentos 1,5, 4 e 5 g SV L⁻¹ d⁻¹ diluídos em 1%.

5.3.6 Massa Fresca

Não foi realizado ANOVA para as massas frescas da raiz e parte aérea pois os testes de normalidade indicaram para os fatores 1% e 10% um *P* valor < 0,05, sendo assim não necessária a aplicação do teste de Dunnett. É notável a variação dos valores para cada tratamento em relação a massa fresca das mudas (Figura 20).

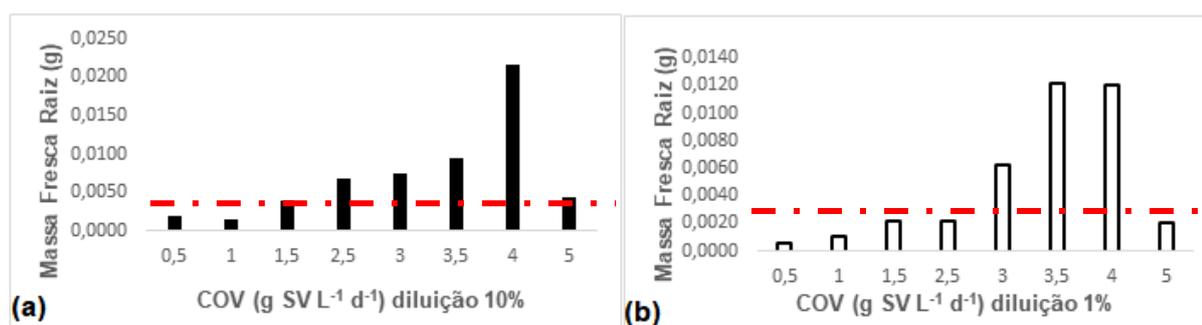


Figura 20 - Massa fresca da raiz.
Fonte: Autoria própria (2017)

A massa fresca raiz para a diluição 10% manteve-se crescente até o tratamento 4. A massa fresca raiz para a diluição 1% apresentou valores mais relevantes para os tratamentos 3; 3,5 e 4 g SV L⁻¹ d⁻¹. Ambas diluições obtiveram o melhor índice para o tratamento 4 g SV L⁻¹ d⁻¹ apontando desta maneira, que a maior assimilação de macronutrientes ocorreu neste tratamento (WATTHIER, 2014). A Figura 21 apresenta os valores de massa fresca da parte aérea para ambos os tratamentos.

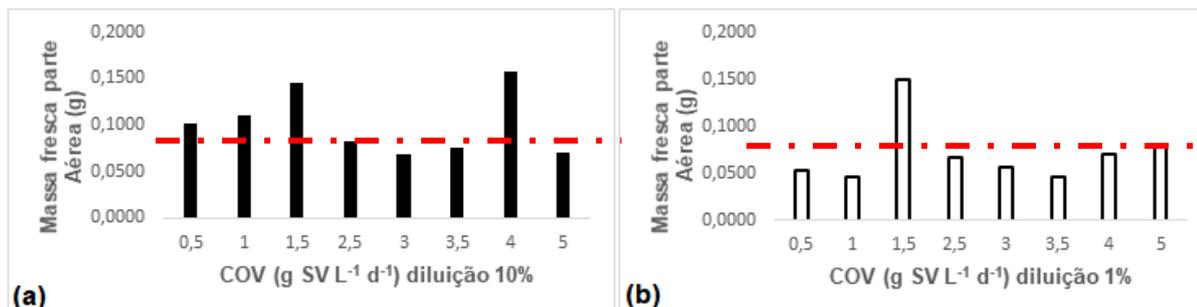


Figura 21 - Massa fresca da parte aérea.
Fonte: Autoria própria (2017)

A massa fresca aérea 10% apresentou maiores gramaturas para os tratamentos 1,5 e 4 g SV L⁻¹ d⁻¹, para a diluição 1% o melhor tratamento foi 1,5 g SV L⁻¹ d⁻¹. pode-se dizer que mudas de Agrião com peso de massa fresca maiores possivelmente tiveram uma grande produção de fotossíntese com a contribuição do fotoperíodo produzindo maior biomassa (SANCHEZ, 2007).

6 CONCLUSÃO

O pH dos digestatos de todos os tratamentos apresentou-se levemente alcalino, fator considerado favorável para aplicação de digestatos na produção de mudas de agrião do seco. Os valores encontrados para o fósforo e o potássio foram superiores ao necessário, fator que indica um possível efeito negativo (crescimento rudimentar, enrolamento das folhas, manchas brancas) no desenvolvimento das plantas. Com relação ao nitrogênio, a quantidade encontrada foi próxima àquela considerada como referência da necessidade deste nutriente para as plantas.

Para as diluições de 100% e 50% a germinação das sementes não foi satisfatória, as soluções continham excesso dos nutrientes essenciais para o desenvolvimento das sementes e comprimento da radícula e apresentaram influência negativa na germinação. Na produção de mudas em bandeja o tratamento que melhor correspondeu aos parâmetros de avaliação durante o experimento foi 4 g SV L⁻¹ d⁻¹, apresentando índices semelhantes aos da literatura e juntamente com as análises estatísticas aplicadas foi indicado que de uma maneira geral o tratamento 4 para os fatores 1% e 10% foi o melhor resultado obtido na fixação dos nutrientes.

Neste sentido, levando-se em consideração o aumento de interesse pelos sistemas agrícolas sustentáveis com evidencia para a produção de alimentos orgânicos. O uso do efluente gerado pela digestão anaeróbia de resíduos vegetais na produção do Agrião do Seco (*L. sativum*) tem potencial de ser utilizado como fertilizante, desde que seja feita a caracterização deste, principalmente com relação a quantidade de macronutrientes.

Recomenda-se para estudos futuros a aplicação de mais diluições no intervalo de 1% a 10%, além disso realizar a caracterização dos macronutrientes das mudas geradas. E ainda a utilização de uma estufa climatizada com cobertura plástica e cortinas laterais no período de desenvolvimento das mudas.

REFERÊNCIAS

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos sólidos no Brasil 2015**. 92 p. 2015.

AL SEADI, T.; LUKEHURST, C. **Quality management of digestate from biogas plants used as fertiliser**. S.l.: IEA Bioenergy. 40 p. 2012.

ALBURQUERQUE, J. A. et al. Assessment of the fertiliser potential of digestates from farm and agroindustrial residues. **Biomass and Bioenergy**, v. 40, p. 181-189, 2012.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21 ed. Washington: American Water Works Association, 2008. 1368 p.

BARCELOS, B. R. **Avaliação de diferentes inóculos na digestão anaeróbia da fração orgânica de resíduos sólidos domésticos**. 2009. 75 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos)-Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

BARROS, C.M.B. **Substratos e adubação foliar com biofertilizante na produção de mudas de maracujazeiro e mamoeiro**. 2011.

BECKET, P. H. T. Upper critical Levels of toxic elements in plants. **New phytologist**, v. 79, n. 1, p. 95-106, 1977.

BELO, Sara Rodrigues Santos. **Avaliação de fitotoxicidade através de *Lepidium sativum* no âmbito de processos de compostagem**. 2011. 79 f. Dissertação (Mestre em Engenharia do Ambiente) - Faculdade de Ciências e Tecnologias, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2011.

BEZERRA. **Produção de mudas de hortaliças em ambiente protegido**. [S.l.]: Embrapa, 21 f., 2003.

BGS,. **Cálculo de produção do biogás**. 2013. Disponível em: <<http://bgsequipamentos.com.br/blog/calculo-de-producao-de-biogas-2/>>. Acesso em: 07 nov. 2017.

BLOOM, A.J; EPSTEIN, E. *Nutrição Mineral de Plantas - Princípios e perspectivas*. Ed: 2, 2006. Disponível em: <<http://web.cena.usp.br/apostilas/Boaretto/CEN0395-2008/apostilas%20site%20cena%20boaretto/boaretto%20pdfs/historianmp-aula2-2007.pdf>> Acesso: 26 de setembro de 2009.

BRASIL. Instrução normativa MAPA / SDA nº 25, de 23 de julho de 2009. Anexo III - **Especificações para fertilizantes orgânicos mistos e compostos**. Brasília, DF, 23 jul. 2009.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional dos Resíduos Sólidos**.

BRASIL. **LEI Nº 6.894, DE 16 DE DEZEMBRO DE 1980**. inspeção e fiscalização da produção e do comércio de fertilizantes, corretivos, inoculantes, estimulantes ou biofertilizantes, destinados à agricultura, e dá outras providências.

BRASIL. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**, 2012.

CARON, Braulio Otamar, et al. **Crescimento da alface em diferentes substratos**. Revista de Ciências Agroveterinárias, Lages/SC v.3, n.2, p. 97-104, 2004.

CEASA. Secretaria da Agricultura e Abastecimento. **CEASA/PR**, 2017. Disponível em: <<http://www.ceasa.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=6>>. Acesso em: 17 maio 2017.

CHERNICHARO, C. A. D. L. **Reatores Anaeróbios**. Belo Horizonte: v. 5, 1997.

CIBIOGAS. **Curso de atualização em energias do biogás**. Módulo II, 2017.

CONVERTI, A; DEL BORGHI, A; ZILLI, M.; ARNI, S.; DEL BORGHI, M. Anaerobic digestion of the vegetable fraction of municipal refuses: mesophilic versus thermophilic conditions. **Bioprocess Engineering**, 1999.

DI MARIA, F et al. Co-treatment of fruit and vegetable waste in sludge digesters. An analysis of the relationship among bio-methane generation, process stability and digestate phytotoxicity. **Waste Management**, v. 34, n. 9, p. 1603 – 1608, 2014.

EMBRAPA. **Caracterização dos problemas de fitotoxicidade de plântulas de soja devido ao tratamento de sementes com fungicida Rhodiauram 500 SC, na safra 2000/01**. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. 2000.

EPSTEIN. E.; MINERAL METABOLISM. ACADEMIC PRESS, 1965. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781483232430500228>>. Acesso em: 05 nov. 2017

FARINACIO, D. Desenvolvimento inicial e produção de alface a partir de diferentes substratos e bandejas. In: VII ENSub, Goiânia, **Anais...** Goiânia: UFG, 16 f., 2010.

FILGUEIRA, Fernando A. Reis. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortícolas**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2013.

GERARDI, M.H. **The Microbiology of Anaerobic Digesters**. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2003.

GIRACCA, Ecila. Maria. Nunes. **Nutrientes**. 2016. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/fertilizantes/nutrientes_361443.html. Acesso em: 01 nov. 2017

HORTIFRÚTI. **Bandeja ideal para a produção de mudas de alface**. Campo e Negócio, 8 de nov. 2014. Disponível em: < <http://www.revistacampoenegocios.com.br/bandeja-ideal-para-a-producao-de-mudas-de-alface/>> Acesso em: 20 novembro 2017

IPEF - INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS. **Fatores Externos (ambientais) que Influenciam na Germinação de Sementes**. Piracicaba, abril 1998. Disponível em: <<http://www.ipef.br/tecsementes/germinacao.asp>> Acesso em: 19 out. 2015.

LIU, X.; WANG W.; SHI, Y.; ZHENG, L.; GAO, X; QIAO, W.; ZHOU, Y. **Pilot-scale anaerobic co-digestion of municipal biomass waste and waste activated sludge in China: Effect of organic loading rate**. Waste Management: 2012.

MACHADO, G. B. Portal do biogás. **Portal do biogás**, 2016. Disponível em: <<http://www.portaldobiogas.com/biodigestao-anaerobia>>. Acesso em: 17 maio 2017.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997

MMA. **Gestão de Resíduos Orgânicos**. Ministério do Meio Ambiente, 2017. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/residuos-solidos/gest%C3%A3o-de-res%C3%ADuos-org%C3%A2nicos>>. Acesso em: 14 maio 2017.

MARROCOS, Saulo de Tarcio Pereira. **Composição de biofertilizante e sua utilização via fertirrigação em meloeiro**. 2011. 62f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN, 2011.

MOREIRA, M. A; FONTES, P. C. R; CAMARGOS, M.I . Interação zinco e fósforo em solução nutritiva influenciando o crescimento e a produtividade da alface. Pesquisa Agropecuária Brasileira. v.36, n.6, p. 903-909, 2001.

OLIVEIRA, André. Alface hidropônica - doenças causadas por fungos. Disponível em: < <http://www.cpt.com.br/cursos-agricultura-hidroponia/artigos/alface-hidroponica-doencas-causadas-por-fungos> > Acesso em: 23 jun. 2016.

PATRO, Raquel. **Agrião do Seco - *Lepidium sativum***. 2017. Disponível em: < <http://www.jardineiro.net/plantas/agriao-do-seco-lepidium-sativum.html>>. Acesso em: 20 nov. 2017

PERIM, J.M.; ALMEIDA, T.L. Diagnóstico de Resíduos Sólidos da CEASA – JAÚ. Anais – 5º Simpósio de Tecnologia em Meio Ambiente e Recursos Hídricos – FATEC, 2013.

REIS, A.S. **Tratamento de resíduos sólidos orgânicos em biodigestor anaeróbio**. 2012. 79 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2012.

SANCHEZ, Sergio Veraguas. **Avaliação de cultivares de alface crespa produzidas em hidroponia tipo NFT em dois ambientes protegidos em Ribeirão Preto (SP)**.

2007. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

SANTOS, A. C. V. dos. **Efeitos nutricionais e fitossanitários do biofertilizante líquido a nível de campo.** Revista Brasileira de Fruticultura, v.13, n4, p. 275 – 279. 1991.

SILVA, F. A. de M.; BOAS, R. L. V. Teste de germinação como indicador de maturação em composto orgânico. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 22, n. 3, p. 63-73, 2007.

SILVA, W. R. **Estudo cinético do processo de digestão anaeróbia de resíduos sólidos vegetais.** 2009. 201 f. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

SIQUEIRA, T. M. O.; ASSAD, M. L. R. C. **COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NO ESTADO DE SÃO PAULO (BRASIL)**, Ambient. soc. vol.18 no.4 São Paulo Oct./Dec. 2015

TEDESCO, M. J. et al. **Análise de solo, plantas e outros materiais.** 2. ed., Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto alegre, 174 p., 1995.

TIQUIA, S. M.; TAM, N. F. Y. Elimination of phytotoxicity during co-composting of spent pig-manure sawditter and pig sludge. **Bioresource Technology**, v. 65, p. 43-49, 1998.

TIMM, P. J.; GOMES, J. C. C.; MORSELLI, T. B. Insumos para agroecologia: Pesquisa em vermicompostagem e produção de biofertilizantes líquido. **Revista Ciência & Ambiente**, julho/dezembro, 2004. Universidade federal de santa Maria 29ª publicação.

TRAUTMANN, N.; KRASNY, M. **Composting in the Classroom: Scientific Inquiry for High School Students**, 1997.

UEM. **Plano de gestão integrada de resíduos da unidade da ceasa de Foz do Iguaçu.** Maringá:, 2012.

UESB - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. **Produção de Mudanças em Recipientes**. 2016. Disponível em: <<http://www.uesb.br/flower/alunos/propagacao/mudas.html>> Acesso em: 07 jun. 2016.

WATTHIER, M. **Substrato Orgânico: Caracterização, produção de mudas e desenvolvimento a campo de alface e beterraba e influência na atividade enzimática**. 2014. 116 f. Dissertação (Mestre em Fitotecnia Ênfase Horticultura) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2014.

Zucconi, F., Monaco, A., Forte, M., De Bertoldi, M., 1985. **Phytotoxins during the stabilization of organic matter**. In: Gasser, J.K.R. (Ed.), *Composting of Agricultural and Other Wastes*. Elsevier Applied Science Publishers, London, pp. 73–86.

APÊNDICE A – ANÁLISE DE MACRONUTRIENTES NAS REPETIÇÕES

R	T (g SV L-1 d-1)	Nitrogênio		Fósforo		Potássio	
		N (%)	Média N (%)	P (%)	Média P (%)	K (%)	Média K (%)
1	0,5	1,54	1,5	16,79	18,1	17,53	18,5
2		1,39		19,44		19,50	
1	1	1,57	2,5	19,51	21,2	19,81	20,7
2		1,58		22,86		21,53	
1	1,5	1,24	3,5	14,85	15,0	74,19	73,3
2		1,28		15,10		72,40	
1	2	1,55	4,5	16,49	16,3	53,59	52,7
2		1,48		16,16		51,82	
1	2,5	1,38	5,5	14,77	15,5	69,91	68,7
2		1,47		16,21		67,58	
1	3	2,49	6,5	10,75	10,6	45,50	45,7
2		2,55		10,52		45,84	
1	3,5	2,24	7,5	10,54	11,3	58,33	58,1
2		2,21		12,09		57,79	
1	4	2,35	8,5	18,21	18,6	46,11	45,8
2		2,20		18,92		45,54	
1	5	2,66	9,5	10,96	10,1	40,67	40,1
2		2,68		9,16		39,61	
1	CASCAS	2,56	2,6	4,85	4,8	27,40	25,0
2		2,57		4,80		24,44	
3		2,59		4,62		23,26	

APÊNDICE B – ÍNDICE DE GERMINAÇÃO

COV (g SV L ⁻¹ d ⁻¹)	0,5	M0,5	1	M1	1,5	M1,5	2	M2	2,5	M2,5	3	M3	3,5	M3,5	4	M4	5	M5
CONTROLE	45	9	47	9,4	43	8,6	46	9,2	44	8,8	45	9	48	9,6	43	8,6	45	9
100%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50%	0	0	5	1	12	2,4	34	6,8	4	0,8	2	0,4	0	0	0	0	0	0
10%	46	9,2	45	9	41	8,2	44	8,8	45	9	41	8,2	43	8,6	46	9,2	49	9,8
1%	46	9,2	43	8,6	40	8	44	8,8	33	6,6	41	8,2	44	8,8	44	8,8	46	9,2

	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5
100%	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50%	0	4	43,12	74,84	5,217	1,634	0	0	0
10%	157,2	109	117,6	116,9	124,9	95,97	73,33	153,1	74,84
1%	142,3	111	114,7	79,56	93,62	101	82,16	108,1	126,3

APÊNDICE C – MASSA FRESCA E MASSA SECA

	MASSA FRESCA (g)		MASSA SECA (g)	
	RAÍZ	AÉREA	RAÍZ	ÁEREA
0,5 1%	0,0006	0,0538	0,00015	0,002
0,5 10%	0,0019	0,1023	0,0007	0,0078
1 1%	0,0011	0,0464	0,00025	0,0025
1 10%	0,0015	0,1097	0,0002	0,044
1,5 1%	0,0022	0,1490	0,0009	0,0188
1,5 10%	0,0040	0,1460	0,002	0,067
2,5 1%	0,0022	0,0667	0,0006	0,0015
2,5 10%	0,0068	0,0817	0,0009	0,0024
3 1%	0,0062	0,0565	0,0023	0,003
3 10%	0,0074	0,0680	0,0016	0,043
3,5 1%	0,0121	0,0469	0,003	0,0083
3,5 10%	0,0094	0,0762	0,0008	0,0044
4 1%	0,0120	0,0708	0,00185	0,0521
4 10%	0,0216	0,1572	0,0027	0,0102
5 1%	0,0021	0,0783	0,0004	0,0439
5 10%	0,0044	0,0701	0,0012	0,009951
CONTROLE 1	0,0023	0,0585	0,0002	0,0028
CONTROLE 2	0,0062	0,0576	0,0002	0,0045