

UFRRJ

**INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

DISSERTAÇÃO

**Cultivo orgânico de alface em substrato com aparas
de grama e níveis de irrigação**

Edinaldo Franco Mendes

2022



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

**CULTIVO ORGÂNICO DE ALFACE EM SUBSTRATO COM APARAS
DE GRAMA E NÍVEIS DE IRRIGAÇÃO.**

Edinaldo Franco Mendes

Sob a orientação
Professor Drº: Leonardo Oliveira Medici

e Coorientação do Professor
Professor Drº: Daniel Fonseca de Carvalho

Dissertação submetida como
requisito parcial para obtenção do
grau de **Mestre em Fitotecnia**, no
Programa de pós-graduação em
Fitotecnia da UFRRJ, Área de
concentração Produção vegetal.

Seropédica, RJ
Maio 2022

Ficha catalográfica-Biblioteca central

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M538c MENDES, EDINALDO FRANCO, 1989-
Cultivo orgânico de alface em substrato com aparas
de grama e níveis de irrigação / EDINALDO FRANCO
MENDES. - SEROPEDICA, 2022.
67 f.: il.

Orientador: LEONARDO OLIVEIRA MEDICI.
Coorientador: DANIEL FONSECA DE CARVALHO.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, Programa de pós-graduação em
Fitotecnia da UFRRJ, 2022.

1. Agricultura organica. 2. Biomassa vegetal. 3.
Ciclagem de nutrientes. 4. Verdeponia. 5. Irrigação
automatizada. I. MEDICI, LEONARDO OLIVEIRA, 1967-,
orient. II. DE CARVALHO, DANIEL FONSECA, 1968-,
coorient. III Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro. Programa de pós-graduação em Fitotecnia da
UFRRJ. IV. Título.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA



HOMOLOGAÇÃO DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO Nº 57 / 2024 - DeptFITO
(12.28.01.00.00.00.32)

Nº do Protocolo: 23083.033230/2024-63

Seropédica-RJ, 10 de julho de 2024.

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

EDINALDO FRANCO MENDES

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Fitotecnia**, no
Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, área de Concentração em Produção vegetal.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 27/05/2022

Leonardo Oliveira Medici (Dr. UFRRJ)
Orientador

Carlos Rodrigues Pereira (Dr. UFF)

Nivaldo Schultz (Dr. UFRRJ)

(Assinado digitalmente em 10/07/2024 17:36)

LEONARDO OLIVEIRA MEDICI
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptCF (12.28.01.00.00.00.48)
Matrícula: 2181674

(Assinado digitalmente em 10/07/2024 18:52)

NIVALDO SCHULTZ
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptS (12.28.01.00.00.00.33)
Matrícula: 2136627

(Assinado digitalmente em 18/07/2024 11:19)

CARLOS RODRIGUES PEREIRA
ASSINANTE EXTERNO
CPF: 655.031.126-87

Visualize o documento original em <https://sipac.ufrjr.br/public/documentos/index.jsp>
informando seu número: **57**, ano: **2024**, tipo: **HOMOLOGAÇÃO DE DISSERTAÇÃO DE**
MESTRADO, data de emissão: **10/07/2024** e o código de verificação: **481490f293**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por iluminar e guiar meus caminhos durante esta jornada.

À toda minha família em especial meus irmãos e minha mãe Domingas Franco Mendes pelo apoio e incentivo para que eu seguisse essa carreira profissional, respeitando e entendendo minha ausência física em vários momentos importantes.

À todos os meus amigos meus que conquistei ao longo da vida, os de perto e os de longe são igualmente

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro pela oportunidade concedida e por ser minha casa tanto durante a graduação em Agronomia quando na pós-graduação em Fitotecnia.

Ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia (PPG-Fitotecnia) pelo curso e suporte acadêmico durante o curso, e a Capes pelo fornecimento da bolsa durante o desenvolvimento da pesquisa.

“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES)- Código de Financiamento 001” (**PORTARIA nº 206, DE 4 DE SETEMBRO DE 2018 DA CAPES**)

Aos professores Leonardo Oliveira Medici e Daniel Fonseca de Carvalho pela oportunidade de orientação, e por todos os conhecimentos transmitido.

À todos os professores aos quais tive aula durante as disciplinas do curso e aos colegas de turma pelo compartilhamento de conhecimentos.

Aos meus amigos e colegas do Grupo de Pesquisa Água e Solo em Sistemas Agrícolas (GPASSA-UFRRJ) por todo o apoio que recebi em todos os momentos de pesquisa. E também ao Professor Nivaldo Schultz e o Laboratório de Manejo e Conservação do Solo e da Água (LMCSA) pelo apoio e auxílio em algumas etapas dos experimentos.

À todos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

Obrigada!

RESUMO

MENDES, Edinaldo Franco. **Cultivo orgânico de alface em substrato com aparas de grama e níveis de irrigação**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2022.

O sistema orgânico verdeponia (cultivo orgânico de olerícolas em vasos preenchidos com biomassa vegetal não compostada) é baseado na utilização de aparas de grama como substrato e fonte principal ou única de nutrientes para produção agrícola com resultados promissores para olerícolas como tomate e pimentão em estufa. O objetivo desse trabalho foi avaliar a eficiência desse substrato alternativo para o cultivo de alface, que possui um ciclo mais curto que os das espécies estudadas anteriormente, considerando cinco vazões de irrigação. Foram realizados quatro experimentos independentes divididos em dois ciclos em vasos de 3,5 L sobre bancadas ao ar livre. Cada experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados com cinco tratamentos e cinco repetições. No primeiro ciclo (de 09/07 a 13/08/2021), dois experimentos foram conduzidos simultaneamente, um apenas com aparas de grama (*Paspalum notatum*) com vazões de 4,40 (T1), 4,14 (T2), 3,40 (T3), 2,84 (T4) e 2,50 (T5) L/h⁻¹ utilizando microtubos spaghetti (plasnova/08 mm) e outro com solo adubado com 10 g de cama de frango por vaso irrigados com emissores de 4,72 (T1), 4,50 (T2), 3,58 (T3), 2,90 (T4) e 2,56 (T5) L h⁻¹. No segundo ciclo (de 13/09 a 18/10/2021), os dois experimentos foram repetidos, dessa vez, a dose de cama de frango por vaso com solo aumentou para 25 g e foi adicionado uma dose de 5 g desse adubo nos vasos com aparas de grama. O manejo de irrigação foi realizado por meio do acionador simplificado para irrigação (ASI) adotando o tratamento T2 como referência. As variáveis analisadas foram eficiência no uso de água (EUA), altura (H), número de folhas (NF), massa fresca parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), massa fresca de raízes (MFR), massa seca da raiz (MSR), índice de clorofila *a* e *b* (ICF), além dos teores de macronutrientes nas folhas e raízes das plantas. Observou-se uma estagnação inicial no crescimento das plantas nos experimentos com aparas, ocorrendo recuperação das plantas no final do ciclo. Pode-se inferir que a sua causa não seja devida à falta de nutrientes, visto que ocorreu mesmo com a adição de cama de frango no segundo experimento com aparas de grama. Os experimentos com solo utilizaram volume de água superiores aos experimentos com aparas nos dois ciclos, sendo que durante o primeiro variou de 3,67 (T1) a 2,18 (T5) L planta⁻¹ de água no experimento com solo e de 1,89 (T1) a 1,26 (T5) L planta⁻¹ no experimento com aparas de grama. No segundo ciclo os volumes variaram de 3,45 (T1) a 2,11 (T5) L planta⁻¹ e de 1,81 (T1) a 1,25 (T5) L planta⁻¹ respectivamente. A EUA nos cultivos com aparas de grama foram maiores com 3,01 kg m⁻³ no primeiro ciclo e 3,01 kg m⁻³ no segundo, provavelmente pelo menor crescimento inicial das plantas. No solo foi de 2,12 kg m⁻³ e 2,13 kg m⁻³ no primeiro e segundo ciclos respectivamente. As menores vazões de irrigação em ambos experimentos apresentaram maior EUA indicando uso mais eficiente de água. O ICF *a* *b* foi utilizado como indicativo da presença de N no material vegetal, foram observados maiores índices nos tratamentos com aparas, apesar disso, não foi observado diferença significativa entre os tratamentos para essa variável em nenhum dos quatro experimentos. Os valores nutricionais encontrados para parte aérea, raízes e substrato foram superiores nos experimentos com aparas em relação aos de solo com destaque para N e K nutrientes mais requeridos pela alface. Para MFPA percebeu-se diferença significativa entre os tratamentos, no caso das aparas no primeiro ciclo o melhor resultado foi de 63,87 g (T1), no segundo ciclo observou-se redução nas médias de todos os tratamentos o melhor resultado foi de 61,74 g (T1). No caso do solo no primeiro ciclo o melhor resultado foi de 48,87 g observou-se melhora nos valores de MFPA, após o aumento

na dose de cama de frango usada no segundo ciclo, o melhor resultado foi de 84,74 g (T1). Percebeu-se uma diferença na arquitetura do sistema radicular das plantas, sendo um crescimento reduzido nas plantas dos experimentos aparas, e crescimento excessivo nas plantas dos tratamentos com solo. Os estudos indicam potencial no uso de aparas de grama como substrato orgânico alternativo para cultivo de alface em vaso no sistema. Novos estudos deveram ser realizados para elucidar o período de estagnação observado, bem como possibilitar maiores produções para a cultura.

Palavras chaves: agricultura orgânica, biomassa vegetal, ciclagem de nutrientes, irrigação automatizada, verdeponia

ABSTRACT

MENDES, Edinaldo Franco. **Organic lettuce cultivation in substrate with grass clippings and irrigation levels.** Dissertation (Master in Phytotechnics). Institute of Agronomy, Department of Plant Science, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2022.

The Verdeponia organic system (organic cultivation of vegetable crops in pots filled with non-composted plant biomass) is based on the use of grass clippings as a substrate and main or sole source of nutrients for agricultural production with promising results for vegetable crops such as tomatoes and peppers in a greenhouse. The objective of this work was to evaluate the efficiency of this alternative substrate for the cultivation of lettuce, which has a shorter cycle than the species studied previously, considering five irrigation flows. Four independent experiments divided into two cycles were carried out in 3,5 L pots on outdoor benches. Each experiment was carried out in a randomized block design with five treatments and five replications. In the first cycle (from 07/09 to 08/13/2021), two experiments were carried out simultaneously, one with only grass clippings (*Paspalum notatum*) with flow rates of 4,40 (T1), 4,14 (T2), 3,40 (T3), 2,84 (T4) and 2,50 (T5) L/h⁻¹ using spaghetti microtubes (plasnova/08 mm) and another with soil fertilized with 10 g of poultry litter per pot irrigated with emitters of 4,72 (T1), 4,50 (T2), 3,58 (T3), 2,90 (T4) and 2,56 (T5) L h⁻¹. In the second cycle (from 09/13 to 10/18/2021), the two experiments were repeated, this time, the dose of poultry litter per pot with soil was increased to 25 g and a dose of 5 g of this fertilizer was added to the pots. With grass clippings. Irrigation management was performed using the simplified trigger for irrigation (ASI) adopting the T2 treatment as a reference. The variables analyzed were water use efficiency (EUA), height (H), number of leaves (NF), shoot fresh mass (MFPA), shoot dry mass (MSPA), root fresh mass (MFR), root dry mass (MSR), incidence of chlorophyll a and b (ICF), in addition to the levels of macronutrients in the leaves and roots of the plants. An initial stagnation in plant growth was observed in the experiments with cuttings, with plant recovery occurring at the end of the cycle. It can be inferred that its cause is not due to the lack of nutrients, since it occurred even with the addition of chicken litter in the second experiment with grass clippings. The soil experiments used a higher volume of water than the experiments with cuttings in both cycles, and during the first it varied from 3,67 (T1) to 2,18 (T5) L plant⁻¹ of water in the soil experiment and from 1,89 (T1) to 1,26 (T5) L plant⁻¹ in the experiment with grass clippings. In the second cycle, the volumes varied from 3,45 (T1) to 2,11 (T5) L plant⁻¹ and from 1,81 (T1) to 1,25 (T5) L plant⁻¹ respectively. The EUA in crops with grass clippings were higher with 3,01 kg m⁻³ in the first cycle and 3,01 kg m⁻³ in the second, probably due to the lower initial plant growth. On the ground it was 2,12 kg m⁻³ and 2,13 kg m⁻³ in the first and second cycles, respectively. The lower irrigation flows in both experiments showed higher EUA indicating more efficient use of water. The ICF was used as an indication of the presence of N in the plant material, higher rates were observed in the treatments with shavings, however, no significant difference was observed between the treatments for this variable in any of the four experiments. The nutritional values found for shoots, roots and substrate were higher in experiments with cuttings in relation to soil experiments, with emphasis on N and K nutrients most required by lettuce. For MFPA there was a significant difference between treatments, in the case of trimmings in the first cycle the best result was 63,87 g (T1), in the second cycle there was a reduction in the averages of all treatments the best result was 61,74 g (T1). In the case of soil in the first cycle, the best result was 48,87 g, an improvement in MFPA values

was observed, after increasing the dose of poultry litter used in the second cycle, the best result was 84,74 g (T1). It was noticed a difference in the architecture of the root system of the plants, being a reduced growth in the plants of the trimming experiments, and excessive growth in the plants of the treatments with soil. Studies indicate potential in the use of grass clippings as an alternative organic substrate for potted lettuce cultivation in the system. New studies should be carried out.

Keywords: organic agriculture, plant biomass, nutrient cycling, automated irrigation

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variação de temperatura e umidade relativa durante primeiro ciclo de cultivo.....	21
Figura 2. Variação de temperatura e umidade relativa do ar durante segundo ciclo de cultivo.....	21
Figura 3. Croqui referente a distribuição e organização dos tratamentos utilizados nos dois ciclos contemplando os quatro experimentos.....	22
Figura 4. Vasos preenchidos com aparas de grama (A) e vasos preenchidos com solo e condicionador (B) utilizados nos dois ciclos.....	23
Figura 5. Estagnação no desenvolvimento de plantas de alface cultivadas com aparas de grama batatais como substrato (esquerda) durante o primeiro ciclo (A) e segundo ciclo (B) de cultivo.....	24
Figura 6. Plantas de alface após o período de estagnação sendo (A) substrato aparas de grama e (B) substrato solo.....	25
Figura 7. Croqui demonstrando a distribuição dos diferentes tratamentos de irrigação (maior T1) e (menor T5) para os dois substratos, evidenciando a posição dos ASIs (azul) na segunda maior vazão.....	25
Figura 8. Características observadas nas raízes de alface durante o primeiro ciclo para plantas cultivadas com aparas de grama experimento 1 (esquerda) e solo experimento 2 (direita).....	30
Figura 9. Vista frontal de parte aérea e raiz do experimento 2 sendo T1(esquerda) e T5 (direita).....	32
Figura 10. Gráfico da EUA dos tratamentos de irrigação durante o 1º ciclo de cultivo de alface sendo (1) maior e (5) menor vazão.....	37
Figura 11. Representação de parte aérea e sistema radicular dos cinco tratamentos de irrigação, durante o segundo ciclo no experimento 3 com aparas de grama.....	40
Figura 12. Representação de parte aérea e sistema radicular dos cinco tratamentos de irrigação, durante o segundo ciclo no experimento 4 com solo.....	41
Figura 13. Gráfico da EUA dos tratamentos de irrigação durante o 2º ciclo de cultivo de alface sendo (1) maior e (5) menor vazão.....	47

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Análise química do solo antes do primeiro ciclo de cultivo.....	23
Tabela 2. Teor de macronutrientes observados nas aparas de grama utilizada como substrato antes e no final do primeiro ciclo.....	24
Tabela 3. Análise química do solo após o primeiro ciclo de cultivo.....	27
Tabela 4. Médias para as diferentes variáveis morfológicas do primeiro ciclo de cultivo de alface para tratamentos dos experimentos 1 aparas de grama e experimento 2 com solo como substrato.....	28
Tabela 5. Caracterização dos macronutrientes observados na parte aérea e raiz durante o primeiro ciclo das plantas de alface cultivadas em vasos com aparas de grama experimento 1 e solo experimento 2 como substrato.....	35
Tabela 6. Médias da eficiência no uso da água observado nos tratamentos dos substratos utilizados.....	36
Tabela 7. Análise química do solo do experimento 4 no segundo ciclo para cada vazão após a colheita.....	37
Tabela 8. Médias para as diferentes variáveis morfológicas do segundo ciclo de alface para tratamentos dos experimentos 3 aparas de grama e experimento 4 com solo como substrato.....	39
Tabela 9. Caracterização dos Macronutrientes observados na parte aérea e raiz durante o segundo ciclo das plantas de alface cultivadas em vasos com aparas de grama, experimento 3 e solo experimento 4 como substrato.....	44
Tabela 10. Análise química das aparas de grama utilizadas como substrato no experimento 3 após a colheita durante o segundo ciclo.....	45
Tabela 11. Médias da eficiência no uso da água observado nos tratamentos do segundo ciclo de cultivo de alface dos substratos utilizados.....	46

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Verdeponia e Agricultura Orgânica.....	15
2.2 Grama Batatais como Fonte de Biomassa não Compostada	17
2.3 Caracterização da Cultura da Alface	18
2.4 Utilização de alface como planta indicadora	19
2.5 Eficiência no Uso da água Sistema de Irrigação	19
2.7 Índice de clorofila falker	21
3 METODOLOGIA.....	21
3.1 Caracterização da Área Experimental	21
3.2 Caracterização dos Substratos Utilizados.....	23
3.3 Sistema de Irrigação	26
3.5 Condução do experimento	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	27
4.1 Primeiro ciclo Experimental.....	28
4.1.1 Variáveis morfológicas.....	28
4.1.2 Macronutrientes matéria fresca da parte aérea	34
4.1.3 Eficiência no uso da água	37
4.2 Segundo ciclo Experimental.....	38
4.2.1 Variáveis morfológicas.....	39
4.2.2 Macronutrientes matéria fresca da parte aérea e raiz	43
4.2.3 Eficiência no uso da água	46
5 CONCLUSÕES	49
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
7 APÊNDICES	60
7.1 Pilotos para avaliação de emergência de sementes de alface	60
7.2 Piloto cultivo de alface em vasos em sistema de verdeponia	62

1 INTRODUÇÃO

Com o constante crescimento populacional, nota-se uma demanda maior pela produção de alimentos, com isso, torna-se necessário a utilização consciente de matéria prima disponível à população, e mais do que isso, uma busca por alternativas de cultivo sustentáveis e menos danosos ao meio ambiente. Os substratos orgânicos podem ser de origem vegetal e animal (BERGSTRAND et al., 2020). Além disso, pode-se usar apenas uma fonte de matéria prima na sua composição ou uma combinação com mais de um material, sendo que alguns desses componentes precisam passar por um processo prévio de compostagem para formação do produto final.

O sistema verdeponia, que consiste na utilização de biomassa vegetal não-compostada como substrato, sendo a única ou a principal fonte de nutrientes para o cultivo de olerícolas GENTILE et al., (2020) e SOUZA et al., (2021), surge como uma alternativa com grande potencial, especialmente para pequenos produtores. Até o surgimento da metodologia de verdeponia, não se tinha conhecimento de pesquisas em que o substrato orgânico fosse exclusivamente sem compostagem. O que se observa são determinados componentes que não precisam passar por esse processo e que podem ser misturados posteriormente com produtos que precisam passar, formando assim o substrato. Materiais como fibra de coco e casca de arroz carbonizada são exemplos de componentes que não precisam passar por compostagem previa (SIMÕES et al, 2015).

Diferente das anteriores propõe-se aqui a utilização de biomassa vegetal como substrato para produção de alface, sem que esse material passe por algum processo de compostagem. Desta forma, os nutrientes serão fornecidos de forma gradual às mudas de maneira natural, simplificando o sistema, reduzindo assim gastos com mão de obra e evitando processos que gastam tempo e são comuns em compostagem como revolvimento, enleiramento e controle de temperatura (LEAL, 2006; COTTA et. al, 2015).

A cultura de Alface, *Lactuca sativa* L., é uma espécie bastante sensível, sendo considerada indicadora de atividades alelopáticas (FERREIRA E ÁQUILA, 2000), principalmente por apresentar um ciclo curto e trazer respostas rápidas na germinação, possibilitando indicativos mesmo sob baixa concentração de substâncias prejudiciais ao desenvolvimento das mudas (GONÇALVES et al., 2016; ZERA et al., 2019; ESPINOSA et. al., 2020). Trata-se de uma das olerícolas mais cultivadas e consumidas no mundo, fazendo parte da dieta de uma grande parcela da população (FILGUEIRA, 2008). No Brasil, representa a folhosa mais consumida, refletindo em seu valor de mercado. Sendo assim, é amplamente produzida em todas as regiões do país, principalmente próximo aos grandes centros urbanos. Além disso, a alface é uma espécie altamente perecível, com alta demanda e ampla diversidade genética (FILGUEIRA, 2003).

Sabe-se que a agricultura é um dos setores que mais demandam água doce no mundo (FAO, 2017), tornar esse consumo mais eficiente é fundamental visto que o desperdício de água tem influência direta nos solos, meio ambiente e na qualidade de vida da população, por tanto manejos que permitam uma maior eficiência no uso da água tem se mostrado cada vez mais necessários. A utilização de tecnologias como o Acionador Simplificado para Irrigação (ASI) (Medici, et al., 2010) visam uma aplicação controlada e mais consciente de água no solo e vem apresentando resultados satisfatórios para diferentes culturas e substratos em sistemas de cultivos orgânicos e convencionais.

Considerando-se que a utilização de biomassa vegetal não compostada é eficiente como substrato e também nutricionalmente para cultivo de alface em vasos. Tem-se como objetivos nesse trabalho, avaliar a eficiência desse substrato alternativo para o cultivo de alface considerando cinco vazões de irrigação. Além disso, estudar as respostas fisiológicas e de produção da alface cultivada em verdeponia.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Verdeponia e Agricultura Orgânica

Para que um material seja considerado adequado para uso como substrato, algumas questões devem ser consideradas, como sua densidade, porosidade e aeração (SCHMITZ et al., 2002). Além disso, alguns produtos podem envolver problemas indesejados de fitotoxidez, salinidade, desordens nutricionais e, também alterações metabólicas (ORTEGA et al., 1996). Em alguns casos a compostagem pode minimizar ou eliminar esses tipos de entraves (YATES & ROGERS, 1981).

O sistema de verdeponia está incluso na agricultura orgânica, é caracterizado pela utilização de biomassa vegetal não compostada como substrato e também como fonte principal ou única de nutrientes, além disso, o método também pode possibilita aos produtores menos gastos devido a pouca mão de obra requerida quando comparado a outras técnicas como por exemplo a compostagem. Trata-se de uma pratica recente, desenvolvida inicialmente em trabalhos realizados na UFRRJ, na cidade de Seropédica, por isso, ainda se tem poucos trabalhos, abrangendo espécie como tomate cereja (Souza et al, 2021) e tomate santa cruz e a cultura do pimentão (Gentile, 2020). Além do presente trabalho com a cultura da alface, também vem sendo desenvolvidos trabalhos com outras espécies, no intuito de aprimorar o método e possibilitar que ele fique cada vez mais eficiente e acessível aos produtores.

O trabalho do nosso grupo de pesquisa indica que as aparas de gramas usadas como fonte de nutrientes possuem capacidade para disponibilizar os mesmos em velocidade compatível com a necessidade da cultura. O uso dessa biomassa tem se mostrado eficiente no cultivo de hortaliças como a cultura do pimentão (GENTILE et. al, 2020).

A condução da produção agrícola utilizando aparas de grama pode ser mais benéfica e menos onerosa ao produtor, pois dependendo da fonte usada, ele já pode tê-la em abundância em sua área, necessitando somente manejá-la para conseguir a composição necessária. Por tanto, os substratos alternativos surgem como propostas eficientes para que os agricultores garantam e impulsionem seus rendimentos reaproveitando a matéria orgânica que eles tem disponível.

O trabalho do nosso grupo de pesquisa indica que as aparas de gramas usadas como fonte de nutrientes possuem capacidade para disponibilizar os mesmos em velocidade compatível com a necessidade da cultura. O uso dessa biomassa tem se mostrado eficiente no cultivo de hortaliças como a cultura do pimentão (Gentile et. al, 2020).

A condução da produção agrícola utilizando aparas de grama pode ser mais benéfica e menos onerosa ao produtor, pois dependendo da fonte usada, ele já pode tê-la em abundância em sua área, necessitando somente manejá-la para conseguir a composição necessária. Por tanto, os substratos alternativos surgem como propostas eficientes para que os agricultores garantam e impulsionem seus rendimentos reaproveitando a matéria orgânica que eles tem disponível.

O sistema de verdeponia se enquadra num sistema orgânico de produção, e já tem sua eficácia comprovada através dos trabalhos citados anteriormente. Não foi observado na literatura trabalhos utilizando biomassa vegetal não-compostada como substrato para produção de mudas. Nesse sentido foram realizados pilotos no intuito de observar a eficiência da utilização de diferentes biomassas vegetais (gramíneas e leguminosas) como substratos para produção de mudas, abordando com isso uma nova vertente para verdeponia. Além de alface, também foram realizados pilotos de produção de mudas para tomate cereja e pimentão espécies já inseridas no sistema, os resultados obtidos estão em anexo deste trabalho.

Os sistemas de produção orgânica se baseiam em normas de produção específicas, cuja finalidade é obter ecossistemas, contemplando os aspectos sociais, ecológicos e

econômicos e que sejam sustentáveis (BORGUINI, 2005). A biomassa vegetal geralmente é misturada com esterco e compostada para ser usada como adubo orgânico. Também é comum que o composto obtido seja usado em conjunto com adubos minerais (MUELLER et al., 2013).

Segundo Filgueira (2008) os substratos possuem a função de suprir as necessidades nutricionais e o desenvolvimento de uma planta com qualidade, em um curto prazo e baixo custo de produção. Ao longo do tempo, nota-se uma expansão na utilização dos substratos alternativos nos sistemas agrícolas, grande parte dessas matérias-primas estão disponíveis próximo aos locais de cultivo e essa condição reflete diretamente nos custos de produção, pois contribui para redução dos gastos com insumos químicos, e consequentemente, possibilita um maior equilíbrio ambiental (COSTA et al., 2013).

Vários materiais orgânicos podem ser usados como fertilizante, sendo que as principais fontes disponíveis no meio rural são os estercos de animais, os resíduos de culturas e os adubos verdes (Sociedade..., 2004). A aplicação de composto orgânico ao solo constitui uma efetiva forma de reciclagem de nutrientes e retorno de carbono ao solo (LEITE et al., 2003).

O uso de material orgânico proporciona melhora na fertilidade, além de ser excelente condicionador de solo, melhorando suas características físicas, químicas e biológicas, ou seja, aumenta a retenção de água, a agregação e a porosidade do solo, aumentando assim a capacidade de troca de cátions, a fertilidade e a vida microbiana do solo, que, por sua vez, potencializam a produtividade das culturas (TERRON, 1992).

A produção agrícola convencional proporciona aos produtores grandes produções, porém, atrelado a isso, também surgem inúmeros problemas ao meio ambiente, principalmente devido à deposição em excesso de resíduos agrícolas no solo. A utilização de aparas de grama como único ou principal adubo tem sido uma alternativa para minimizar essa situação.

Segundo Lopez et al. (2011), diversos experimentos de cunho agrônomo têm sido desenvolvidos com os inúmeros acessos de *Paspalum*, devido a rapidez no estabelecimento de densa cobertura do solo e bom valor forrageiro. O referido gênero compreende o maior número de espécies de gramíneas nativas no Brasil (ALMEIDA et al., 2006). Sendo as gramíneas o tipo de vegetação mais abundante na terra (GIBSON, 2009).

Técnicas como compostagem, adubação verde, cobertura morta e aplicação de biofertilizantes são alguns exemplos dessas práticas presentes na agricultura orgânica (ALCÂNTARA et al., 2000; LEAL, 2006; SANTOS et al., 2012), sendo que o processo de compostagem sempre sobressaiu, sendo inclusive considerado por muitos como a maneira mais eficaz para a reciclagem da matéria orgânica (SALOMÃO, 2009).

O processo de compostagem consolidou-se ao longo do tempo como um sistema benéfico e sustentável, que proporciona o fornecimento de nutrientes essenciais às plantas através da reutilização e beneficiamento de resíduos orgânicos que anteriormente eram descartados, tanto no meio rural, quanto nas áreas urbanas (MAHMOUD et al., 2007). A compostagem é um processo de transformação de resíduos orgânicos em adubo humificado (KIEHL, 1979). Entre os seus inúmeros benefícios estão o fornecimento de nutrientes tanto para o solo quanto para as plantas, e aplicação da matéria orgânica para melhorar as características e propriedades físicas e biológicas do solo (KIEHL, 1985).

Uma das questões mais consideradas em relação a insumos de origens orgânicas, como adubos e substratos gerados através de compostagem, referem-se ao seu grau de estabilidade, quanto mais estável menor será a possibilidade de componentes indesejados que podem reduzir por exemplo a concentração de oxigênio na zona radicular e interferir negativamente no desenvolvimento das plantas e também prejudicar os demais seres vivos

(LEAL et al., 2013). A compostagem é uma técnica muito utilizada para solucionar este problema (LEAL, 2006).

De acordo com LEAL (2006) a compostagem pode ser utilizada para aumentar a estabilidade de diversos materiais e seu grau de estabilidade tem relação com a matéria prima utilizada, a velocidade de decomposição e a duração da compostagem.

A utilização de aparas de grama como substrato originado apenas com processo simples de picagem, surge como mais um sistema com princípios orgânicos, herdeiro de todos os benefícios dos demais, e que além disso, se diferencia por apresentar manejos mais simples, de baixo custo, onde os nutrientes são fornecidos de forma natural através do processo de degradação dessa biomassa fragmentada. Percebe-se um grande potencial dessa nova técnica para agricultura orgânica, além disso, devido a simplicidade do método e da mão de obra reduzida entende-se que a consolidação desse sistema beneficia especialmente ao pequeno produtor, que é historicamente o menos assistido devido à carência de recursos.

2.2 Grama Batatais como Fonte de Biomassa não Compostada

A grama batatais pertence à espécie *Paspalum notatum*, também é conhecida como grama-bahia, grama forquilha e grama-mato-grosso, compreende plantas tropicais, perenes, raramente anuais, cespitosas, decumbentes, estoloníferas ou rizomatosas, de pequeno porte ou robustas, de folhagem tenra ou fibrosa (PIZARRO, 2000). Sua reprodução pode ocorrer via semente e ou reprodução vegetativa onde as folhas são concentradas na parte basal da planta, bastante utilizada como cobertura vegetal sendo indicada para áreas verdes, parques públicos e campos desportivos (LIMA et al., 2011). A grama batatais desenvolve-se bem em diferentes condições climáticas e nutricionais, inclusive em solos ácidos e de baixa fertilidade (DOBEREINER, 1966). Essa rusticidade, atrelada à sua elevada disponibilidade, contribuíram para sua utilização neste projeto.

As gramíneas (*Poaceae*), são o tipo de vegetação mais abundante na cobertura vegetal, sendo uma família de plantas com folhas semelhante a lâminas; a maioria tem caule oco e muitas raízes ramificadas (PIZARRO, 2000). A grama batatais vem sendo muito estudada em trabalhos científicos especialmente pela sua rusticidade e composição mineral, sendo uma das gramíneas mais utilizadas no Brasil e pode ser implantada para várias finalidades, como para alimentação animal, paisagismo, recuperação de áreas degradadas entre outras (LIMA et al., 2011). Estima-se que com cortes mensais seja possível obter até 2016 kg ha⁻¹ desse material nas condições de Seropédica (Almeida et al 2006), o que demonstra um grande potencial de uso como substrato.

É utilizada principalmente pelas características rústicas que apresenta, em relação a déficit hídrico, tolerância a solos de baixa fertilidade, além de pisoteio, recomenda-se cortes frequentes para manutenção da qualidade do gramado. De acordo com Lima et al. (2011), para que os gramados possam ter um bom crescimento e manter a qualidade é necessário suprimento adequado de todos os elementos minerais essenciais. A EMBRAPA (1997) recomenda que os teores foliares adequados para a grama batatais em relação aos macronutrientes são: N: 12-22; P: 1-3; K: 12-25; Ca: 3-6; Mg: 2-4; S: 0,8-2,5 g kg⁻¹.

Embora existam na literatura recomendações de adubação (LIMA et al., 2011), trabalhos pioneiros realizados pela Dr^a Johanna Dobereiner demonstram que essa complementação não é necessária. Uma das explicações para isso é o potencial que algumas gramíneas e cereais têm de se beneficiarem da fixação biológica de nitrogênio (FBN), assim como na simbiose que ocorre em leguminosas (DOBEREINER, 1997). Mas no caso dessas espécies, a fixação foi observada inicialmente com bactérias *Azotobacter paspali*, sp. n. pertencente ao gênero *Azotobacter* na rizosfera (DOBEREINER, 1966) e posteriormente por bactérias diazotróficas *Azospirillum* que se associam especificamente com essa gramínea e

podem colonizar tanto a rizosfera como também colonizar outras partes das plantas, fornecendo assim nitrogênio na forma mais eficiente. (BALDANI & DOBEREINER, 1980).

A possibilidade de realização de FBN (que consiste basicamente em transformação por bactérias diazotróficas de N_2 atmosférico em NH_3 ou aminociados de modo que as plantas possam usar) pela grama batatais eleva suas qualidades e potencial para utilização como biomassa vegetal, bem como garante uma autossuficiência nutricional até certo ponto para nitrogênio (DOBEREINER, 1997).

2.3 Caracterização da Cultura da Alface

A família asteráceas abrangem as hortaliças herbáceas mais consumidas na forma de saladas, de grande aceitação popular. Entre as principais culturas pertencentes a essa família, destacam-se alface, almeirão, chicória e alcachofra. O gênero *Lactuca* compreende aproximadamente 300 espécies. Na cultura da alface é possível a obtenção de elevada produção por hectare, o que faz com que seja uma atividade bastante adequada ao pequeno produtor.

A alface é amplamente cultivada, tem como provável centro de origem as regiões amenas do Mediterrâneo, sendo originada de espécies silvestres ainda encontradas no Sul da Europa e Ásia Ocidental. Os registros mais antigos de seu consumo datam de aproximadamente 4.500 anos a.C. e foram encontrados nas pinturas em túmulos no Egito. É uma planta anual, destaca-se entre as hortaliças folhosas na forma de salada, tanto pelo seu sabor e qualidade nutricional quanto pelo seu baixo custo (FILGUEIRA, 2008).

De acordo com Filgueira (2008), é uma cultura tipicamente de outono-inverno no centro-sul. Ao longo dos anos, entretanto, com o avanço do melhoramento genético desenvolveram-se cultivares também adaptadas ao plantio durante a primavera-verão, tolerantes ao pendoamento precoce. Portanto, pela criteriosa escolha das cultivares disponíveis é possível plantar e colher alface de boa qualidade ao longo do ano, sendo que seu ciclo vegetativo tem duração de 60 dias. No Brasil, comercializam-se principalmente três tipos de alface, americana, de folhas lisas e de folhas crespas e soltas.

Considerada uma planta autógama a alface também é anual, herbácea, tipicamente folhosa, sendo que em sua fase vegetativa apresenta o caule muito curto e tenro, não ramificado, ao qual se prendem as folhas, dando aspecto de roseta à planta (FILGUEIRA, 2000). Suas folhas apresentam uma ampla variabilidade em relação ao seu comprimento, forma, cor, textura e tamanho; essas podem também encurvar-se e formar uma "cabeça", que é característica das variedades denominadas repolhudas.

A cultura possui um sistema radicular pivotante, bastante ramificado e superficial, explorando apenas os primeiros 25 cm de solo quando a cultura é transplantada. Em semeadura direta, a raiz pivotante pode atingir até 60 cm de profundidade. A cultura da alface apresenta uma expressiva variabilidade genética, sendo que suas cultivares comerciais podem ser divididas em seis tipos, tendo como referência características morfológicas como suas folhas, e também o fato de formarem "cabeça" ou não.

Os principais tipos de alface são repolhuda-manteiga que possui folhas lisas, tenras, de coloração verde-amarelada e aspecto amanteigado (oleoso), formando uma típica cabeça compacta; tipo repolhuda-crespa que apresenta folhas crespas, quebradiças, com nervuras salientes, formando uma cabeça compacta, introduzida no Brasil na década 1980 e tem a alface americana como mais conhecida; no tipo solta-lisa as folhas são macias, lisas e soltas, não havendo formação de cabeça e sim uma roseta de folhas, de coloração verde-amarelada e aspecto amanteigado (oleoso); a alface tipo solta-crespa possui as folhas consistentes, crespas e soltas, formando uma roseta de folhas; um outro tipo é a mimosa que apresenta folhas delicadas e com aspecto "lobado"; e finalmente a alface tipo romana, em que as folhas são alongadas e consistentes, com nervuras protuberantes, formando cabeças fofas.

2.4 Utilização de alface como planta indicadora

Para o sucesso de um cultivo vários fatores devem ser levados em consideração. Algumas culturas como alface, tomate, beterraba, pepino são consideradas plantas indicadoras, pois são capazes de transmitir respostas rápidas e pertinentes ao produtor em fases importantes como a germinação (FARIAS et. al, 2020; BRANDÃO et. al, 2020).

A cultura da alface é amplamente utilizada em trabalhos científicos principalmente devido sua fitossensibilidade apurada, é a planta mais comum como espécie alvo para examinar alelopatia entre as hidrófitas, especialmente por dois fatores, pequenos períodos requeridos para sua germinação que pode durar até 48 horas, e também para seu crescimento (ELAKOVICH, 1999).

Os efeitos alelopáticos de maneira geral consistem basicamente na influência direta ou indireta, com benefícios ou malefícios em que uma planta exerce sobre outra pela produção de compostos químicos liberados naturalmente no ambiente (RICE, 1984), podendo ser exercido por substâncias solúveis na fase aquosa do solo ou do substrato, ou por substâncias gasosas volatilizadas no ar que cerca as plantas terrestres (RIZVI et al., 1992). Trata-se de um mecanismo ecológico que interfere na dominância e sucessão das plantas, atuando no estabelecimento e sobrevivência de espécies no referido ambiente (SILVA, 2018).

Segundo a literatura, entre os fatores mais afetados pela alelopatia estão funções como assimilação de nutrientes, crescimento, concentração de hormônios, relações hídricas, condução de água e nutrientes, fotossíntese, respiração, síntese de proteínas, permeabilidade da membrana celular, material genético, alterações no DNA e RNA, e a atividade enzimática (SOUZA et. al, 2002).

Extratos de diferentes espécies vem sendo testados em relação a alelopatia para a germinação da cultura da alface, sob variadas concentrações. Em testes com gerbox, utilizando extrato aquoso de erva de Santa Maria, FURINI et al. (2020), observaram efeitos alelopáticos da mesma sobre as sementes de alface de acordo com o aumento das concentrações. Também foram encontrados efeitos semelhantes em bioensaios utilizando extrato aquoso de Nim (*Azadirachta indica*) interferindo na germinação, crescimento e desenvolvimento das plântulas das espécies testadas (FARIAS et. al, 2020).

Utilizando extrato aquoso de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden, ESPINOSA et. al. (2019) observaram redução na porcentagem de germinação da alface a partir da concentração de 50%, e em relação ao índice de velocidade de germinação, perceberam diminuição progressiva de acordo com o aumento da concentração do extrato aquoso.

Considerando a hipótese de que essas plântulas sensíveis não sejam prejudicadas pela verdeponia, isso representará o potencial para produção de alface e também para outras espécies. Por outro lado, mesmo que ocorra alelopatia com alface na verdeponia com grama batatais, será importante conhecer sua magnitude e formas de amenizá-la. A verdeponia é uma técnica nova que precisa ser melhor entendida para ser aprimorada. Além de estabelecer possível sensibilidade a compostos fitotóxicos, a cultura da alface também pode proporcionar informações empíricas acerca da velocidade de liberação dos nutrientes das aparas de grama, pois é uma cultura de ciclo curto e os trabalhos anteriores com verdeponia usaram culturas de ciclos mais longos.

2.5 Eficiência no Uso da água Sistema de Irrigação

A agricultura irrigada apresenta constante expansão e este crescimento é reflexo da demanda crescente por alimentos no atual cenário da escassez hídrica (SOARES et al., 2020). O manejo adequado dos sistemas de irrigação é um fator relevante para suprir as necessidades hídricas das plantas e consequentemente reduzir problemas com consumo excessivo de água e

energia através de práticas que não comprometam a sustentabilidade ambiental (KOETZ et al., 2006).

Sabe-se que a disponibilidade de água é essencial para um bom desenvolvimento de qualquer cultura. A determinação das necessidades hídricas, em seus diferentes estádios de desenvolvimento, é uma etapa importante para o manejo de irrigação (AMORIM NETO; GOMIDE; SEDIYAMA, 1996). Cada cultura possui suas peculiaridades quanto às exigências hídricas para seu desenvolvimento. Essas demandas devem ser supridas, pois estão diretamente relacionadas a sua produção, podendo ocasionar danos econômicos bem como estresses capazes de inviabilizar a produção (CALZADILLA et al., 2010).

Uma menor disponibilidade de água pode ocasionar para planta entre outras coisas redução na expansão celular, redução na área foliar, aumento na abscisão foliar, diminuição da relação entre a biomassa da raiz com a parte aérea, fechamento de estômatos e redução na fotossíntese (TAIZ & ZEIGER, 2009). O processo de transpiração das plantas é o de maior demanda, principalmente devido ao processo de abertura dos estômatos, onde acaba ocorrendo perda de grande parte da água absorvida.

A qualidade da água utilizada para irrigação é fator primordial para que as plantas possam expressar seu máximo desenvolvimento e potencial produtivo, em cultivo protegido se torna maior devido a não lavagem dos sais pelas águas das chuvas, como ocorre naturalmente em áreas cultivadas a céu aberto (GUEDES et al., 2015).

A implantação de sistema de irrigação normalmente é onerosa para grande parcela de produtores rurais, principalmente os de menor poder aquisitivo. Segundo (ALVES, et al., 2015) a microirrigação com microtubos pode ser uma alternativa para utilização dessa ferramenta por esses produtores, pois é de baixo custo de aquisição e elevada uniformidade de aplicação de água. A obstrução dos bicos é o principal problema em microirrigação afetando diretamente a eficiência e uniformidade de distribuição.

Segundo ANDRADE et al., (2017) e ALMEIDA (2017) o sistema de irrigação localizado pode permitir menos perda e também está diretamente relacionado com a produtividade das plantas, principalmente por possibilitar uma maior disponibilidade para absorção da planta uma vez que a aplicação é mais próxima da raiz. Além disso, pode diminuir a incidência de doenças na parte aérea das plantas que normalmente pode ocorrer com maior incidência em sistemas de aspersão.

Com o passar dos anos, algumas práticas como irrigação deficitária, utilização de variedades tolerantes a seca, adubos vem sendo empregadas no intuito de melhorar o aproveitamento do uso da água, pois, sistemas de irrigação com elevada eficiência, são essenciais para um bom cultivo agrícola (BATISTA et al., 2013). Segundo MAROUELLI et al. (2009), a água proporciona a solubilização e a disponibilização dos nutrientes do solo para as plantas.

O uso de sistemas de irrigação automática também pode ser utilizado para evitar desperdício de água. A maioria desses sistemas comerciais são complexos porque dependem de sensores eletrônicos modernos conectados a sistemas de aquisição e análise de dados, além de exigir calibração local, computadores, modelos e outros obstáculos tecnológicos (BATISTA et al., 2013)

Um dispositivo desenvolvido pelo nosso grupo de pesquisa, denominado Acionador Simplificado para Irrigação (ASI) controla o acionamento, duração e a paralisação da irrigação de forma automática, tendo unicamente como base a tensão da água no solo. Este equipamento pode reduzir os custos, pois utiliza peças produzidas amplamente na indústria e de baixo custo. Nesse sistema, as tensões podem ser variadas e podem ser obtidas através de um desnível entre dois componentes do ASI, o pressostato e o sensor (MEDICI et al. 2010).

A utilização do ASI vem se mostrando bastante funcional através dos trabalhos realizados por nosso grupo de pesquisa para diferentes culturas (MEDICI et al., 2010;

BATISTA et al., 2013; DIAS et al., 2013; VALENÇA et al., 2017; BEZERRA et al., 2018; SOUZA et al., 2021). Comparado a outros tipos de sistema de irrigação como Tanque classe A e Irrigás, embora não interfira no desempenho da cultura frente aos demais, o uso do ASI pode significar menos gasto com custo dos equipamentos e menos trabalho operacional, em virtude de sua maior demanda por mão de obra ser na fase de montagem, podendo ser praticamente nula durante a condução, o que é diferente nos outros citados. (GONÇALVES et al., 2014).

A utilização do ASI garante maior praticidade e economia na irrigação. No caso da cultura da alface, vem sendo utilizado tanto na produção de mudas em bandejas de isopor através de microaspersão BEZERRA et al., (2018), como também através de sistema de gotejamento no desenvolvimento produtivo em vasos com sensores no substrato VALENÇA et al., (2017), em ambos os casos com resultados satisfatórios.

2.7 Índice de clorofila falker

O crescimento e a adaptação da planta aos diferentes ambientes têm relação direta com sua eficiência relativa à fotossíntese que está associada, entre outros fatores, aos teores de clorofila foliar (ALMEIDA et al., 2004). A concentração de clorofila pode estimar a salubridade no dossel das plantas, além taxa fotossintética, sendo indicadores de oxigênio, produção e sequestro de carbono (KAMBLE et al., 2015). Os teores de clorofila *a* se concentram principalmente nas plantas superiores e são responsáveis por grande parte dos pigmentos verdes totais, a clorofila *b* por outro lado é um pigmento suplementar (BORRMANN, 2009).

O uso de equipamentos para medições de atributos das plantas pode auxiliar na tomada de decisão quanto a realização de uma prática de manejo agrícola (SILVA et al., 2019). A concentração de pigmentos pode ser determinada após extração usando solventes orgânicos. Apesar de métodos bem estabelecidos é necessário muito tempo, mão de obra qualificada e requer o uso de reagentes químicos de alto valor comercial de alta toxicidade, além disso, são métodos destrutivos (CASSETARI et al., 2015). Como alternativa à onerosa quantificação laboratorial de pigmentos, tem sido utilizado equipamentos portáteis não destrutivos como Minolta SPAD-502 e Minolta CR-400 (Hawkins et al., 2009; Donnelly et al., 2020).

Equipamentos como clorofilômetro portátil ClorofiLOG® modelo CFL1030 (Falker®, Brasil) tem sido muito utilizado. As análises foliares via clorofilômetro são rápidas e não destrutivas e podem determinar clorofilas *a*, *b* e total. A clorofila é amplamente utilizada para observação do estado nutricional das plantas (SEGATTO et al., 2017). Sendo considerada indicadora para teores de N nas plantas, também pode-se destacar resposta das plantas em relação a estresses bióticos e abióticos.

3 METODOLOGIA

3.1 Caracterização da Área Experimental

Os experimentos foram conduzidos no Departamento de Engenharia do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Seropédica – Rio de Janeiro, Brasil, situado nas seguintes coordenadas: latitude 22°48'S, longitude 43°41'W, altitude 33 m, em bancadas ao ar livre, em dois ciclos nos períodos de 09/07/2021 a 13/08/2021 e de 13/09/2021 a 18/10/2021, respectivamente. O clima da região é classificado como Aw segundo a classificação de Koppen com verão quente e chuvoso e inverno frio e seco. O índice pluviométrico médio é de 1213 mm sendo que o período chuvoso ocorre de novembro a março, com temperatura média anual de 24,5 °C (CARVALHO et al., 2006).

Durante todo este estudo foram realizados quatro experimentos distintos (experimento 1 e experimento 2 no primeiro ciclo e, posteriormente, experimento 3 e experimento 4 no segundo ciclo) sendo dois para cada substrato, experimentos 1 e 3 com aparas de grama e experimentos 2 e 4 com solo, nos quais os tratamentos foram diferentes manejos de irrigação. Caracterizados pela implantação simultânea dos dois substratos utilizados por ciclo. Esta conformação experimental não permite inferir comparações estatísticas entre os mesmos, visto que não houve casualização entre substratos. Porém, dentro de cada experimento houve casualização em blocos, sendo possível realizar comparações das diferentes variáveis para os cinco tratamentos de vazões de irrigação. Foram realizadas pequenas alterações na metodologia de ambos os experimentos durante os dois ciclos, com objetivo de melhorar o desenvolvimento produtivo das plantas. Esses ajustes foram em relação a composição nutricional dos substratos e aferição de dados.

Os dois ciclos foram realizados em condições climáticas diferentes, no primeiro que foi realizado entre os meses de julho a agosto de 2021, referente aos experimentos 1 com aparas de grama e 2 com solo o monitoramento de temperatura e umidade relativa foi realizado pelo site do INMET. Durante o primeiro ciclo a temperatura média foi de 19,91 ° C, a temperatura máxima observada foi de 33,60 ° C sendo que durante 25 dias esteve acima da média anual da região. A temperatura mínima foi de 8,20 ° C. Em relação a umidade relativa do ar o valor máximo variou de 86,29 % a 42,71 % e o mínimo de 84,25 % a 36,04 %, sendo que durante o ciclo o valor médio observado foi de 68,09 % (Figura 1).

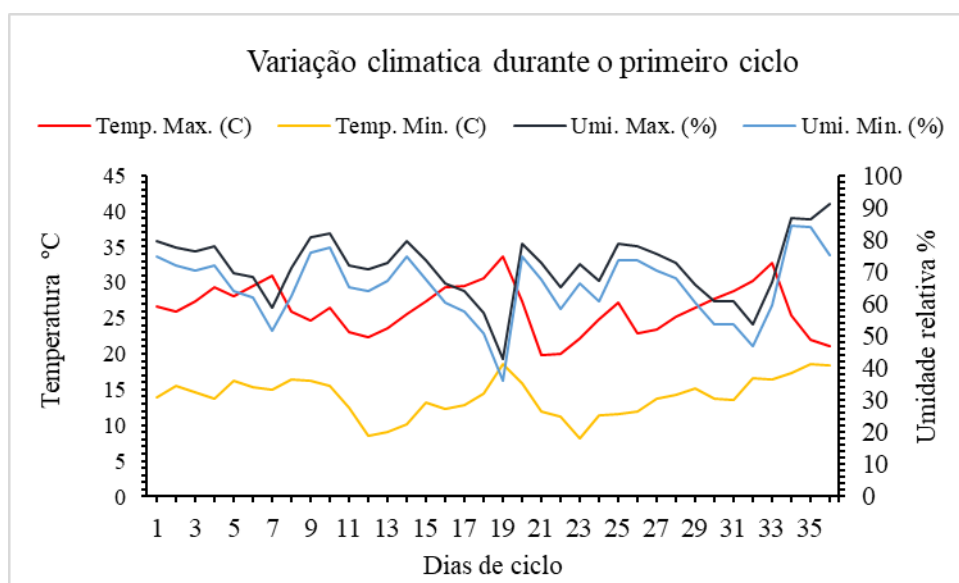


Figura 1. Variação de temperatura e umidade relativa durante primeiro ciclo de cultivo

No segundo ciclo em que se instalou os experimentos 3 com aparas de grama e 4 com solo os dados climáticos foram obtidos através de um termo hidrômetro digital modelo HT 4010, este foi instalado na bancada onde os vasos foram colocados, as leituras foram feitas a cada 30 minutos. A temperatura máxima observada foi de 38,9 ° C sendo que durante 27 dias esteve igual ou acima da média anual da região. A temperatura mínima foi de 12,8 ° C. Em relação a umidade relativa do ar, o valor máximo variou de 92 % a 81 % e o mínimo de 86 % a 14 %.

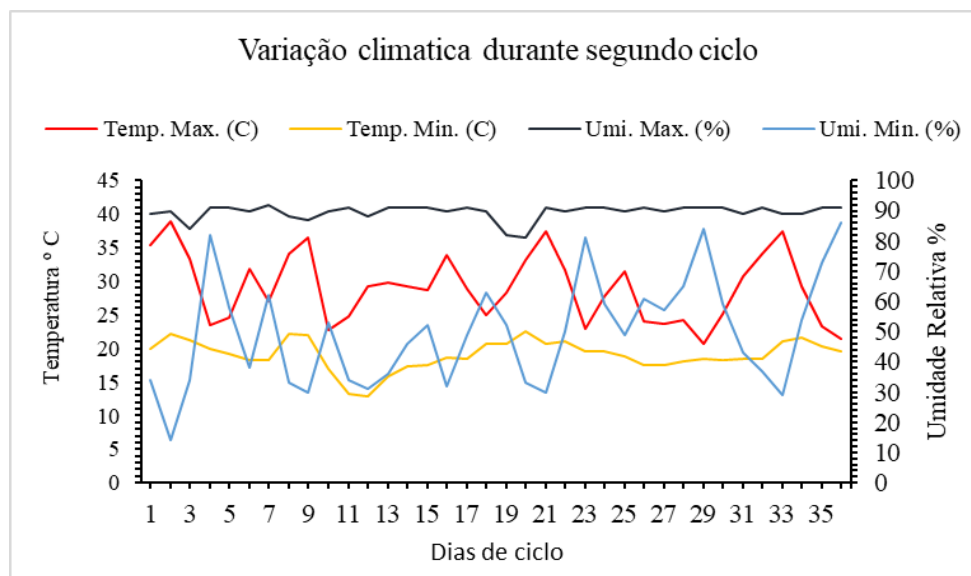


Figura 2. Variação de temperatura e umidade relativa do ar durante segundo ciclo de cultivo

3.2 Caracterização dos Substratos Utilizados

Para os dois ciclos de cultivo de alface, o transplântio foi realizado simultaneamente para os cinco tratamentos de irrigações presentes em cada um dos dois substratos em vasos de polietileno com volume de 3,5 L. A distribuição e organização dos vasos também foi padronizada para os dois ciclos de cultivo sendo espaçados em 25 cm entre blocos e 20 cm entre plantas. Cada um dos quatro experimentos apresentou cinco tratamentos, foram 5 blocos e 5 repetições para cada tratamento de irrigação, totalizando 25 parcelas para cada um dos quatro experimentos. Os blocos ficaram localizados na área central da bancada, sendo adicionadas linhas de bordadura nas extremidades (Figura 3).

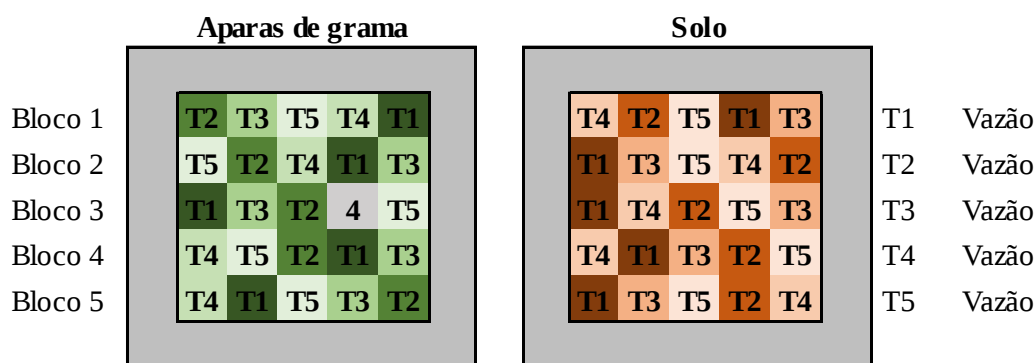


Figura 3. Croqui referente a distribuição e organização dos tratamentos utilizados nos dois ciclos contemplando os quatro experimentos.

As mudas foram produzidas em bandejas de 200 células, onde foram adicionadas 3 sementes por células e posteriormente realizado desbaste permanecendo a muda que apresentasse melhores condições, o substrato utilizado foi Carolina soil amplamente utilizado para inúmeras olerícolas. A irrigação dessas mudas foi realizada de forma manual, baseados nos dados do INMET, as bandejas foram cobertas com sombrite de 25 %. O transplântio para os vasos foi realizado aos 25 após a semeadura, quando as mudas apresentavam entre 4 a 6 folhas definitivas ou altura entre 8 e 10 cm.

Os quatro experimentos realizados foram implantados de forma simultânea e continua distribuído nos dois ciclos, os cinco tratamentos de irrigação presente em cada um deles recebeu as mesmas quantidades de substratos. Os vasos em que se utilizou aparas de grama foram preenchidos com quantidade de 600 g por vaso desse material alternativo, enquanto nos tratamentos em que o substrato foi solo mais um condicionador, utilizou-se uma proporção de 2/1 (2 partes de solo (2,060 kg) para 1 parte de fibra de coco (107,4 g) por vaso.



Figura 4. Vasos preenchidos com aparas de grama (A) e vasos preenchidos com solo e condicionador (B) utilizados nos dois ciclos.

Após a caracterização do solo foi observado a necessidade de correção do mesmo. Para isso foi utilizado calcário metamórfico dolomítico que apresenta reação mais precoce, a incorporação ocorreu 15 dias antes do transplântio em ambos os ciclos, sendo adicionado 3,4 g deste produto por vaso que recebeu como substrato solo.

O substrato representado pelo solo foi peneirado antes de ser adicionado nos vasos, evitando assim a presença de resíduos que prejudicassem o bom desenvolvimento das mudas e contribuindo para um pleno desenvolvimento e uma boa produção da cultura, após correção com calcário, esse solo foi misturado com fibra de coco que possui função de condicionador.

Tabela 1. Análise química do solo antes do primeiro ciclo de cultivo

pH em	cmol c dm ³							%		mg dm ⁻³		
Água	Al	H + Al	Ca	Mg	Na	SB	t	T	V	m	P	K
5,61	0,00	2,81	1,00	0,90	0,02	2,01	2,01	4,82	42	0	15	37

Em relação ao substrato alternativo, foram realizadas coletas de aparas de grama batatais de aproximadamente 10 cm de altura nas dependências da UFRRJ para ser utilizado no presente estudo. A grama batatais desenvolve-se bem em diferentes condições climáticas e nutricionais, inclusive em solos ácidos e de baixa fertilidade (DOBEREINER, 1966). Essa rusticidade, atrelada a sua elevada disponibilidade contribuíram para sua utilização como substrato.

A formação do substrato oriundo de aparas de grama se deu da seguinte forma: todo esse material foi seco ao sol para diminuição do teor de água presente até o mesmo ficar constante. Após essa secagem natural, uma amostra foi seca em estufa com circulação forçada de ar por 72 horas para observação da umidade. Também foi realizada análise química da biomassa utilizada nos cultivos. Os vasos foram preenchidos manualmente, sendo realizada uma leve compactação manual das aparas de grama dentro do vaso semanalmente de modo

garantir uma maior estabilidade para as plantas e redução da aeração do substrato durante o ciclo, visto que essa pratica favorece o desenvolvimento das plantas (Souza, et al., 2021).

É importante realizar um pré-molhamento das aparas de grama 24h antes de preencher os vasos, pois isso permite adição de uma maior quantidade de material nos vasos em comparação com o material seco, além disso, o mesmo se torna mais maleável e fácil de manejar (Gentile et al. 2020). Os vasos preenchidos com aparas de grama foram umedecidos periodicamente por 7 dias antes do transplântio no intuito de acelerar o processo de decomposição e mineralização desse material.

Foi adicionado uma camada de 400g areia lavada na parte superior dos vasos com aparas de grama no intuito de manter umidade e compactação das mesmas. Além disso, todos os vasos ficaram sobre pratos com areia, com objetivo de evitar perdas de nutrientes por lixiviação. A análise química das aparas de grama foi realizada no Laboratório de Análises de Plantas do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Viçosa, (Viçosa, Brasil) para evidenciar o teor de minerais presentes no material (Tabela 2).

Tabela 2. Teor de macronutrientes observados nas aparas de grama utilizada como substrato antes e no final do primeiro ciclo.

Estagio de avaliação	Macronutrientes				
	N	P	K	Ca	Mg
	dag kg ⁻¹				
Inicial	1,51	0,17	1,16	0,44	0,25
Final	1,74	0,13	0,52	0,52	0,25

Durante o primeiro ciclo foi realizada adubação complementar no experimento com solo com produto orgânico, sendo adicionado em cada vaso um dia antes do transplântio 10 g de cama de frango previamente compostada, no intuito de suprir as necessidades nutricionais exigidas pela cultura. E esse material foi incorporado nos 5 cm superiores dos vasos, para que ficasse mais facilmente disponíveis as plantas.

Durante o segundo ciclo de experimentos, a quantidade de cama de frango adicionada em cada vaso com solo passou a ser de 25 g, no intuito de se obter melhores resultados de produção. Além disso, diferente do primeiro ciclo foi realizado uma adubação complementar de 5 g de cama de frango por vaso no experimento com aparas de grama como substrato para a caracterização química da cama de frango foi utilizada a metodologia de (BRASIL, 2014). Essa adição se deu devido a uma estagnação verificada no desenvolvimento das plantas de alface nos 25 dias iniciais no primeiro experimento com aparas de grama (Figura 5). Essa adição de 5 g de cama de frango teve o objetivo de disponibilizar maior quantidade de nutrientes as plantas, dentro de uma hipótese que a estagnação inicial teria sido devida à insuficiente liberação de nutrientes das aparas de grama por mineralização.



Figura 5. Estagnação no desenvolvimento de plantas de alface cultivadas com aparas de grama batatais como substrato (esquerda) durante o primeiro ciclo (A) e segundo ciclo (B) de cultivo.



Figura 6. Plantas de alface durante o primeiro ciclo após o período de estagnação sendo (A) substrato aparas de grama e (B) substrato solo.

3.3 Sistema de Irrigação

O sistema de irrigação utilizado para os quatro experimentos, foi baseado no ASI. Cada experimento teve seu sistema independente sendo ligado de acordo com a demanda por água. Foram dois ASIs em cada experimento, os quais foram colocados em vasos de forma aleatória.

Em cada experimento, um bloco foi caracterizado por uma linha de irrigação e os tratamentos de vazões foram obtidos utilizando diferentes comprimentos de microtubos spaghetti (plasnova/08 mm). Essa variação foi de 25 cm, 30 cm, 40 cm, 50 cm e 60 cm de mangueira que correspondem a vazões de 4,40 L/h, 4,14 L/h, 3,40 L/h, 2,84 L/h e 2,50 L/h para o experimento com substrato aparas de grama e vazões de 4,72 L/h, 4,50 L/h, 3,58 L/h, 2,90 L/h e 2,56 L/h para o experimento com solo durante o primeiro ciclo. No segundo ciclo os valores também foram respectivamente de 4,40 L/h, 4,14 L/h, 3,40 L/h, 2,84 L/h e 2,50 L/h para aparas de grama e de 4,72 L/h, 4,50 L/h, 3,58 L/h, 2,90 L/h e 2,56 L/h..

Essa variação nos valores de vazão foram obtidas através de testes de vazão e demonstra a diferença no consumo de água entre os experimentos durante os dois ciclos e a diferença de volumes presentes para os dois substratos sinaliza para uma provável maior capacidade de infiltração de água do solo em relação as aparas de grama com isso o solo requer vazões maiores como constatado nos testes. Não foram feitos teste de medição de capacidade de armazenamento de água das aparas, no entanto, os resultados sinalizam que as aparas de grama podem ter maior capacidade de retenção de água e isso reflete nos menores valores de vazão.

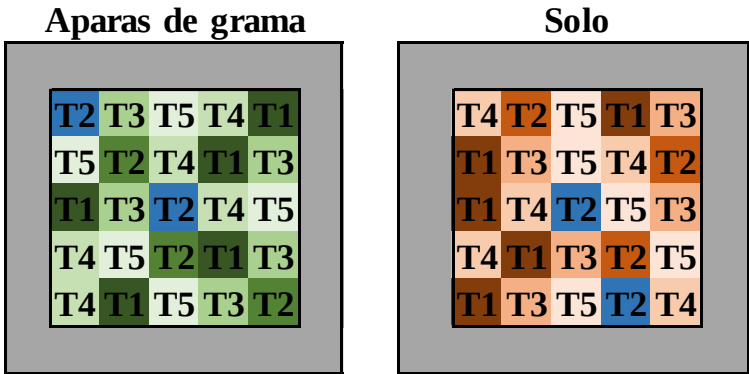


Figura 7. Croqui demonstrando a distribuição dos diferentes tratamentos de irrigação (maior T1) e (menor T5) para os dois substratos, evidenciando a posição dos ASIs (azul) na segunda maior vazão.

Os vasos que representam a bordadura foram irrigados pela vazão correspondente a 30 cm de comprimento. A água foi armazenada em um reservatório de 2000 L com aproximadamente 5,0 m de altura, sendo distribuída ao sistema de irrigação por gravidade. Com o sistema foram realizadas as avaliações do coeficiente de uniformidade de aplicação de água, bem como sua eficiência no uso da água (EUA). A EUA (kg m^{-3}) foi obtida pelo cálculo da massa fresca produzida por lâmina de água aplicada, conforme (LOVELLI et al., 2007)

3.5 Condução do experimento

Em relação altura das plantas (H) e número de folhas (NF), foram realizadas duas avaliações aos 15 e aos 36 dias após o transplantio. Para H, foi considerado o comprimento das folhas mais antigas, e para NF foram consideradas as folhas completamente expandidas. Foi utilizado régua para medição da H.

Para obtenção dos dados de massa fresca parte aérea (MFPA) e massa seca parte aérea (MSPA), massa fresca da raiz (MFR), massa seca da raiz, (MSR) foi utilizado balança de precisão. No caso de massa seca esse material foi levado a estufa de ventilação forçada a 65 ° C por 72 horas antes de ser pesado.

O índice relativo das clorofilas *a* e *b* foi obtido a partir de leituras de folhas medianas das plantas, por meio do uso de um clorofilômetro portátil ClorofiLOG® modelo CFL1030 (Falker®, Brasil). Foram três leituras por planta realizadas aos 15 e 36 dias de cultivo

As variáveis nas plantas foram analisadas pelo teste de variância F e pelo teste de comparação de médias de Tukey a 5% de significância pelo programa SISVAR versão 5.6 (FERREIRA, 2019).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nos experimentos com aparas de grama batatais, foi possível observar uma estagnação no crescimento das plantas em todos os tratamentos independente da vazão, essa situação foi perceptível até o 25º dia cultivo, a partir de então notou-se uma recuperação das plantas até o final do ciclo. Essa situação foi uma constatação nova até então para o sistema de verdeponia em relação aos trabalhos até aqui realizados.

Entre as prováveis razões para esse acontecimento, pode-se destacar que a alface apresenta um ciclo completo de cultivo bem inferior tanto em relação a cultura do pimentão e tomate santa cruz dos experimentos de Gentile et al. (2020) quanto do tomate do grupo cereja Souza et al. (2021). Essa curta faixa de tempo pode não ter sido suficiente para a mineralização completa das aparas de grama e com isso os nutrientes não ficaram disponíveis para as plantas. Além disso, devido o material vegetal utilizado como substrato apresentar uma grande concentração de nutrientes pode ter ocorrido uma salinidade, interferindo no crescimento e desenvolvimentos das plantas de alface.

Uma outra possibilidade é de que possa ter ocorrido algum grau de alelopatia entre as aparas de grama e a cultura da alface. Utilizando estratos de parte aérea e rizoma em diferentes concentrações para tentar elucidar efeito alelopáticos de *P. nonatum* em relação a germinação de sementes de *Brachiaria decumbens*, Felix, et al. (2007) verificaram efeito alelopático negativo do extrato de rizomas de *P. notatum* nas sementes de *Brachiaria decumbens*, em relação a estrato da parte aérea não foi observado qualquer efeito.

O resultado da análise de solo para o experimento 2 após o final do primeiro ciclo demonstrou um aumento no pH do mesmo, passando de 5,61 na análise inicial para 6,40 ao

final do cultivo, além disso, também percebeu-se um aumento nos teores de cálcio e magnésio em relação ao início do ciclo (Tabela 3). Essa melhoria nas condições químicas do solo é reflexo da calagem realizada no mesmo. Aplicações com calcário no solo, foram iniciadas pelos romanos, visando reduzir acidificação dos solos (CONNOR et al. 2011). Nesse estudo, foi aplicado o calcário dolomítico que é recomendado principalmente para solos deficientes nas concentrações de Ca e Mg que foi observado na análise inicial.

Tabela 3. Análise química do solo para o experimento 2 após o primeiro ciclo de cultivo.

pH em	cmol c dm ³								%		mg dm ³	
Agua	Al	H + Al	Ca	Mg	Na	SB	t	T	V	m	P	K
6,40	0,00	1,98	3,60	1,34	0,00	5,99	5,99	7,97	75,2	0	78,6	410

4.1 Primeiro ciclo Experimental

4.1.1 Variáveis morfológicas

De acordo com os resultados observados no experimento 1 foi verificado diferença significativa entre as cinco diferentes vazões de irrigação para as plantas cultivadas com aparas de grama como substrato (Tabela 4). Essa diferença só não foi observada para a variável MSPA (g). No experimento 2 em que as plantas foram cultivadas em vasos com solo como substrato, não foi observada diferença significativa na metade das variáveis analisadas entre elas H, NF e MSPA. No restante, ou seja, MFPA, MFR e MSR foram observadas variações como expressado na (Tabela 4).

No caso do experimento 1 para variável H, a segunda menor vazão T4 apresentou o maior valor cerca de 15,16 cm planta⁻¹, que não diferiu estatisticamente de T1 com 14,87 cm planta⁻¹ e T3 com 14,90 cm planta⁻¹. Em trabalho com alface tipo crespa aos 38 dias de ciclo, Filho et al (2020) obtiveram para diferentes tipos de cobertura de solo H que variaram de 13,37 a 20,37 cm planta⁻¹, esses valores estão dentro da margem encontrada por outros autores como Queiroz et al. (2017) com 14,06 a 22,50 cm planta⁻¹ para alface americana e também para Oliveira et al. (2010), que observou altura 16,8 a 22,3 cm planta⁻¹. Sob diferentes tipos de sistema de cultivo, Souza et al. (2020) verificaram uma variação de 19,38 a 43,86 cm de H. Sabe-se que alface é bastante exigente em água (CUNHA et al., 2013) esses maiores valores para H nos tratamentos com menor vazão é reflexo de uma melhor distribuição da mesma ao longo do ciclo, e sinaliza para uma provável maior capacidade de armazenamento das aparas de grama.

O NF ficou acima de 21,8 unidades em todos os tratamentos no experimento 1, tendo T2 apresentado o melhor resultado 27,67 folhas, esse resultado é estatisticamente diferente dos demais que apresentaram valores de 24,25, 21,80, 22,00 e 23,60 para T1, T3, T4 e T5 respectivamente, que corroboram com Rocha e Purquerio (2009) que em seus estudos com cultivar Vanda observaram variação de 22,6 a 27,3 folhas por planta⁻¹. São valores superiores aos encontrados por Ferreira et al, (2011) em trabalho com a mesma cultivar Regina alcançou 15,2 a 15,9 folhas por planta⁻¹ e a também estão próximos aos encontrados Filho et al. (2020) que observou de 18,5 a 23,5 folhas por planta⁻¹. Esse melhor resultado em T2 que é o tratamento com a segunda maior vazão é contrário ao observado para variável H, em que os melhores resultados foram vistos nas menores vazões, e demonstra que apesar de apresentarem mais folhas, estas não cresceram tanto a ponto de atingir medidas comerciais, o excesso de água pode ter afetado esse crescimento o desenvolvimento dessas plantas.

Tabela 4. Médias para as diferentes variáveis morfológicas do primeiro ciclo de cultivo de alface para tratamentos dos experimentos 1 aparas de grama e experimento 2 com solo como substrato

Variáveis	Experimento 1- Aparas de grama					Experimento 2- Solo				
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
	4,40	4,14	3,40	2,84	2,50	4,72	4,50	3,58	2,90	2,56
H (cm)	14,87a	13,00 b	14,90 a	15,16 a	14,25 ab	14,62 a	14,32 a	14,30 a	15,50 a	15,50 a
NF	24,25 b	27,67 a	21,80 b	22,00 b	23,60, b	20,67 a	22,75 a	22,20 a	22,50 a	21,00 a
MFPA (g)	63,87 ab	67,22 a	54,78 cd	57,11 bc	47,47 d	39,27 c	47,87 a	44,28 ab	41,67 bc	44,23 ab
MSPA (g)	4,74 a	3,82 a	3,74 a	3,44 a	4,00 a	4,12 a	4,28 a	4,62 a	4,29 a	4,80 a
MFR (g)	12,00 a	10,28 a	7,88 b	10,25 a	7,92 b	51,95 ab	48,72 b	58,56 a	36,22 c	48,50 b
MSR (g)	1,11 a	0,86 b	0,57 c	0,76 bc	0,76 bc	3,33 b	2,70 b	4,91 a	2,68 b	3,32 b
ICF a	24,87 a	21,93 a	26,18 a	19,77 a	20,71 a	19,28 a	19,31 a	19,75 a	20,83 a	19,86 a
ICF b	4,62 a	4,09 a	4,93 a	3,52 a	3,65 a	3,39 a	3,48 a	3,41 a	3,57 a	3,57 a

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem significativamente pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

No presente estudo, os valores referentes a MFPA (g) diferiram entre si no experimento 1, sendo superiores no tratamento T2 com 67,22 g, seguido por T1 com 63,87 g de média, T4 com 57,11 g e T3 com 54,78 g (Tabela 4). O menor valor de MFPA foi encontrado no tratamento T5 com cerca de 47,47 g que também disponibilizou os menores volumes de água as plantas. Esses menores valores de MFPA nos tratamentos com menores vazões pode ser um indicativo que durante esse primeiro ciclo a exigência por água tenha sido maior no experimento com aparas e por isso, os tratamentos com maior vazão foram superiores, além disso, o fato desses tratamentos terem apresentado menos raízes pode ter colaborado para uma menor produção de MFPA. A menor quantidade de raízes das plantas cultivadas com aparas de grama pode explicar, pelo menos parcialmente o maior efeito do déficit hídrico nessas plantas em relação as cultivadas em solo.

Para alface, produzir massa fresca é o foco principal, visto que se trata do produto que será comercializado. Tanto em trabalhos de campo como em cultivo hidropônico observa-se valores acima de 120 g para MFPA, o que não foi observado neste estudo. Em trabalhos de campo e sobre diferentes coberturas de solo, Filho et al. (2020) obtiveram MFPA variando de 127,12 g a 281,24 g planta⁻¹. Em diferentes sistemas de cultivo, Souza et al. (2020) obtiveram valores ainda maiores, variando de 199,60 g a 305,80 g planta⁻¹. Estudando a influência de tipos de cobertura morta no cultivo de alface, Machado et al., (2008), obtiveram produções de MFPA de 531,78 g planta⁻¹ com cobertura de serragem de madeira e de 499,58 g planta⁻¹ com cobertura de palha de milho.

De acordo com TERRA et al., (2001) o período de maior consumo de nutrientes é na fase final de produção, devido ao seu ciclo curto e à pequena exigência em nutrientes pelas cultivares disponíveis no mercado. Entre as outras possíveis justificativas das diferenças entre os resultados observados, e os encontrados na literatura pode-se destacar a localização de implantação, variação de temperatura, cultivar e adubação aplicada.

A cultura da alface é adaptada a temperaturas amenas, com a faixa ideal entre 15,5 a 18,3°C, tolerando faixas que variam de 26,6 a 29,4°C, desde que no período noturno a temperatura seja baixa (SANDERS, 2020). Durante o primeiro ciclo ocorreu uma variação na temperatura, sendo que em cerca de 69 % do período de ciclo a faixa de temperatura esteve acima de 24,5° C. A temperatura é fator que influencia diretamente no desempenho da cultura, no período em que o primeiro ciclo foi implantando as condições são consideradas adequadas para cultivo de alface na região, por tanto esperava-se melhores respostas das plantas.

Apesar dessa produção baixa de MFPA os tratamentos do experimento 1 com aparas de grama apresentaram os melhores resultados para esta variável em todos os cinco tratamentos em comparação com os tratamentos do experimento 2 com solo. Sendo que ambos os experimentos do primeiro ciclo o T2 expressou o maior valor de MFPA. Nos estudos anteriormente citados com a cultura da alface a temperatura não apresentou esse comportamento de variação e se manteve na faixa requerida pela cultura proporcionando produção dentro do padrão normalmente atingido.

Um outro fator que pode ter influenciado nos resultados é a questão da adubação aplicada no cultivo durante o ciclo que pode ter sido uma quantidade abaixo da necessária, em trabalhos que se disponibilizou adubação sintética no cultivo, em que esses nutrientes ficam mais facilmente disponível as plantas, a faixa de MFPA também foi maior (MACHADO et al., 2008). No caso da verdeponia não foi realizada adubação complementar ou de cobertura, os nutrientes foram disponibilizados as plantas de forma natural de acordo com o processo de mineralização durante esse primeiro ciclo.

Os valores referentes ao sistema radicular das plantas nos dois ciclos foram maiores nos experimentos com solo. Durante o primeiro ciclo os tratamentos do experimento 1 apresentaram diferenças tanto em relação a MFR, quanto a MSR. Os melhores resultados para MFR foram observados em T1 com 12,00 g, T2 com 10,28 g e T4 com 10,25 g.

Estatisticamente esses valores foram considerados diferentes de T3 com 7,88 g e de T5 com 7,92 g. Esses valores foram semelhantes aos encontrados por Nascimento et al. (2022) para MFR de diferentes variedades de alface americana, tendo observado 8,87 g para variedade Laucy Brow, 9,65 g para Amelia e 10,82 para variedade 5010 em campo respectivamente.

Em relação a MSR o melhor resultado foi registrado em T1 com 1,11 g, sendo diferente de T2 com 0,86 g e também de T4 e T5 que apresentaram o mesmo valor de 0,76 g. o menor valor foi observado em T3 com 0,57 g. Segundo Taiz et al. (2017), em solos com baixos teores de umidade, a planta tende a desenvolver o seu sistema radicular em profundidade com o intuito de encontrar água.

Embora a quantidade de raízes observadas no experimento 1 tenham sido menores e mais grossas em relação ao que é encontrado em cultivos com solo (Figura 8), isso não refletiu significativamente na produção das plantas, visto que a produção de MFPA dos experimentos 1 e 2 foram semelhantes. Os resultados de teores de nutrientes deste estudo mostram que as plantas nos tratamentos com aparas de grama tiveram maior acesso a N, essa maior disponibilidade desse mineral pode ser um dos motivos para um menor desenvolvimento no sistema radicular das plantas desses tratamentos.

Segundo SEGNER et al. (2004) o N é o elemento chave na regulação do crescimento radicular. De acordo com CARDOSO et al. (2015) em cultivo de alface em condições de confinamento radicular observou-se um crescimento reduzido das plantas de alface, resultado não compensando pelo aumento na concentração de N. Além disso, constataram que quanto maior a concentração de N as plantas expressaram maior desenvolvimento de parte aérea, em contrapartida um menor desenvolvimento radicular o que corrobora com o observado no presente estudo.

Sabe-se que o fosforo é um nutriente que atua ativamente no desenvolvimento do sistema radicular das plantas, neste estudo os dois experimentos com aparas de grama também apresentaram maiores teores de P, quando comparado com os experimentos com solo, essa maior disponibilidade pode ter exercido efeito inibitório nas raízes.

No primeiro ciclo, no experimento com aparas de grama os teores de P foram maiores nas folhas em relação a raiz. No caso do experimento com solo ocorreu o contrario os maiores teores foram na raiz em relação a parte aérea. Durante o segundo ciclo não ocorreu muita variação entre os teores de P nos tratamentos do experimento com aparas de grama tanto em relação a parte aérea quando em relação a raiz. No caso do experimento com solo os maiores teores de P foram expressos na parte aérea e os menores na raiz.



Figura 8. Características observadas nas raízes de alface durante o primeiro ciclo para plantas cultivadas com aparas de grama experimento 1 (esquerda) e solo experimento 2 (direita).

No experimento 2 que se utilizou solo como substrato, para a variável H os maiores valores foram de 15,50 cm planta⁻¹ em T4 e T5 e o menor valor encontrado foi de 14,30 cm planta⁻¹ em T3 (Tabela 4). Esses valores estão abaixo do esperado, visto que as plantas desses experimentos são consideradas controle com condições convencionais ideais para seu desenvolvimento. Uma das prováveis justificativas para esse baixo desempenho dos tratamentos desse experimento é de que a quantidade de adubo aplicado pode ter sido insuficiente, visto que foi perceptível sintomas de um certo grau deficiência nutricional em algumas plantas, tendo essas apresentado folhas amareladas (Figura 9).

Além disso, a cultura é considerada sensível às adversidades ambientais, entre elas temperatura (RODRIGUES et al., 2009). Como já foi relatado anteriormente, durante o primeiro ciclo ocorreu variação na temperatura isso pode ter interferido no desenvolvimento das plantas, além disso, esse experimento utilizou tratamentos com vazões maiores de irrigação quando comparado ao experimento 1, pode ter ocorrido excesso de água, causando salinidade e prejudicando o desenvolvimento das plantas (DIAS, 2019; GUIMARÃES et al., 2019)

Para a variável NF no experimento 2 não foi observado diferença significativa entre os tratamentos, o maior valor foi 22,75 em T2 e de 20,67 em T1, sendo que para os cinco tratamentos a quantidade de folhas foi superior a 20 unidades. Esses valores corroboram com os encontrados por Souza et al. (2020) que em diferentes sistemas de cultivo obteve dados semelhantes para NF, tendo 24,41 cm em hidroponia NFT, 21,80 cm com hidroponia em areia e de 24,40 cm com cultivo em mulching.

Os valores de MSPA não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, obtendo de 4,12 g em T1 sendo o menor valor observado, e o maior valor de 4,80 g em T5 que possui a menor vazão do experimento.

Para MFPA, observou-se diferenças entre as cinco vazões de irrigação (Figura 9), sendo que o maior valor foi para T2 com 47,87 g e a menor de 37,35 g para T1. Além disso, T3 e T5 não apresentaram diferença entre si, registrando valores de 44,28 g e 44,23 g respectivamente, T4 apresentou 41,67 g de MFPA. Diferente do que ocorreu no experimento 1 com aparas de grama, os melhores resultados para MFPA no experimento com solo não se concentraram nas maiores vazões, o fato dos tratamentos com solo terem proporcionado as plantas maiores volumes de água pode justificar essa menor variação entre os valores dos tratamentos. Esses resultados sinalizam que poderia ter sido usado uma dose maior de cama de frango nos tratamentos, e indicam que a adubação realizada foi insuficiente para um melhor desempenho das plantas.

Esses valores estão abaixo dos encontrados na literatura, em cultivo de alface com a cultivar Vanda em solo utilizando diferentes tipos de cobertura orgânica para o solo LONGHINI et al., (2019) observaram 246,00 g planta⁻¹ MFPA para cobertura com braquiária e 222,00 g planta⁻¹MFPA para cobertura com palha de aveia com 56 dias de ciclo.

Esse melhor valor em T2 que é a segunda maior vazão não diferiu estatisticamente de T5 que é a menor vazão utilizada no experimento 2. Apesar disso, os valores encontrados não se enquadram nos que são citados na literatura. Quando se compara os tratamentos dos dois experimentos do primeiro ciclo, percebe-se que a produção de MFPA foi superior nos tratamentos do experimento 1 que utilizou substrato alternativo.



Figura 9. Vista frontal de parte aérea e raiz do experimento 2 sendo T1 (esquerda) e T5 (direita)

Em relação raiz deste experimento 2, foram observadas variações nos resultados tanto para MFR quanto para MSR. O melhor resultado referente a MFR foi observado em T3 com cerca de 58,56 g seguida por T1 com 51,95 g. T2 e T5 não diferiram entre si, e apresentaram valores de 48,72 g e 48,50 g respectivamente, o menor valor foi verificado em T4 com 36,22 g. Essa maior quantidade de raízes presentes no experimento 2 não refletiram na parte aérea, que é o produto comercial da mesma, visto que seus valores de MFPA foram próximos em ambos os experimentos, e demonstra que o experimento 2 foi mais eficiente na produção de raiz, do que em relação a parte aérea que é de fato o produto comercial da alface. Essa maior produção de raízes no experimento 2 em que se usou solo como substrato pode ser um indicativo de deficiência nutricional, e como resposta as plantas priorizaram a produção de raízes.

Avaliando nessa perspectiva, percebe-se no experimento 1 com aparas de grama uma maior eficiência nessa conversão raiz parte aérea, visto que mesmo com sistema radicular menos desenvolvido, a produção apesar de semelhante foi superior nos tratamentos do experimentos 1 com aparas de grama.

Em relação a MSR observou-se o maior valor em T3 com 4,91 g diferindo dos demais tratamentos que apresentaram valores de 3,33 g, 2,70 g, 2,68 g e 3,32 g para T1, T2, T4 e T5 respectivamente sendo que esses não diferiram entre si estatisticamente.

Os dados referentes ao ICF *a* e *b* foram obtidos no fim do ciclo para o primeiro cultivo, antes da colheita. No experimento 1 não foi observado diferença significativa entre os tratamentos, os valores médios de clorofila *a* se encontram acima de 20,00. Sendo que o maior valor foi encontrado em T3 com 26,18 e o menor em com T4 19,77. Em relação a clorofila *b* o maior valor também foi encontrado em T3 com 4,93 e o menor em T4 com 3,52.

No experimento 2 também não foi verificado diferença significativa entre os tratamentos, apesar disso, para clorofila *a* T4 apresentou um valor maior em relação aos demais 20,83 e o menor valor foi observado em T1 com 19,28. No caso da clorofila *b*, T4 e T5 apresentaram o maior valor 3,57 e T1 o menor 3,39.

Os teores de clorofila são essenciais para as plantas, a combinação das clorofilas (*a* e *b*) e dos pigmentos acessórios torna as mesmas aptas para captação da energia disponível da luz solar (MARTINAZZO et al., 2007). Estes são usados para estimar o potencial fotossintético das plantas, devido a sua ligação direta com a absorção e transferência de energia luminosa e, também, ao crescimento e adaptação das plantas a diversos ambientes (REGO & POSSAMAI, 2006).

O índice de clorofila presente nas plantas pode ter relação direta com o teor de N presente na mesma. Durante o primeiro ciclo foi possível observar isso, apesar de não ter sido observado diferenças significativas, os tratamentos do experimento 1 com aparas de grama apresentaram maiores teores de N e consequentemente maiores ICF *a* e *b*. No experimento 2

com solo, também não foi observado diferença significativa entre os tratamentos e tanto os teores de N quanto os índices de clorofila foram menores quanto se compara com o experimento 1.

Esses resultados obtidos nos experimentos dessa pesquisa sinalizam para o suprimento de macronutrientes e micronutrientes, nos períodos avaliados, visto a não identificação de deficiências nas plantas de alface. E além disso, nutrientes como nitrogênio e magnésio estão envolvidos na constituição e estrutura da molécula de clorofila (TAIZ et al., 2017).

4.1.2 Macronutrientes matéria fresca da parte aérea

Em relação aos macronutrientes, durante o primeiro ciclo após as análises observou-se que os minerais se apresentaram em maior proporção nos materiais dos tratamentos com aparas de grama, tanto na parte aérea quanto em relação a raiz, foi observada diferença significativa entre os tratamentos em ambos os experimentos. Para a maioria dos nutrientes, as maiores concentrações foram constatadas nas menores vazões, sinalizando também para um melhor aproveitamento da água disponibilizada (Tabela 5).

No caso do experimento 1 com aparas de grama (Tabela 5), houve diferença entre os tratamentos para todos os Macronutrientes. Em relação ao N encontrado na parte aérea o maior valor foi observado em T4 com 4,03 dag kg⁻¹ seguido por T1 com 3,53 dag kg⁻¹, T5 com 3,50 dag kg⁻¹ T3 com 3,22 dag kg⁻¹ e a menor em T2 com 2,80 dag kg⁻¹. RANI E RAIJ (1997) indicam como adequados para N, teores de 3,00 a 5,00 dag kg⁻¹. Segundo Filgueira (2003), o nitrogênio favorece o crescimento vegetativo, o acúmulo de massa, o aumento da área foliar e, conseqüentemente, a expressão do potencial produtivo da cultura. Em experimento com alface cultivar verônica em vaso de 8 Litros, disponibilizando solução nutritiva completa Almeida et al., (2011) encontraram 2,32 dag kg⁻¹.

No caso do fosforo o maior valor para P para parte aérea também foi encontrado em T4 com 0,69 dag kg⁻¹ e o menor também em T2 com 0,55 dag kg⁻¹. São valores inferiores aos encontrados por Almeida et al., (2011) também para parte aérea em que observou 0,54 dag kg⁻¹ em cultivo de alface em vaso. Sendo que de acordo com Trani e Raij (1997) a faixa adequada para P para cultura da alface varia de 0,40 a 0,90 dag kg⁻¹. O fósforo está diretamente relacionado a estrutura da planta, influencia na transferência e armazenamento de energia, afetando processos metabólicos como a síntese de proteínas e ácido nucléico (MALAVOLTA, 2006).

Para potássio o maior valor foi encontrado na parte aérea foi em T1 com 5,36 dag kg⁻¹ seguido por T5 com 5,08 dag kg⁻¹ e T4 com 4,72 dag kg⁻¹, o menor valor foi observado em T2 com 3,68 dag kg⁻¹. Almeida et al., (2011) encontraram 5,89 dag kg⁻¹ de K. Filgueira (2003) indica doses de até 90 kg ha⁻¹ de K₂O. Garcia (1982) indicam entre 7,00 a 8,40 dag kg⁻¹ e Nogueira Filho et al. (2003) 9,11 dag kg⁻¹ como faixa ideal. O potássio atua efetivamente no desenvolvimento das plantas, quando deficiente pode apresentar clorose seguido de escurecimento de pontos nas margens foliares mais velhas, causando queima necrótica, seguida da morte do tecido vegetal e queda das folhas (ALMEIDA, et al., 2011). Raij et al. (1996) recomendam para produção comercial de folhas as quantidades de 150; 100 e 50 kg ha⁻¹ de K₂O.

Para o Cálcio observou-se que T2 apresentou o maior valor desse mineral para parte aérea com cerca de 0,69 dag kg⁻¹ enquanto o menor valor foi identificado em T1 com 0,40 dag kg⁻¹, em seu trabalho Almeida, et al. (2011) encontraram 1,21 dag kg⁻¹. O cálcio está diretamente relacionado a integridade da parede celular (MALAVOLTA, 1980) é responsável por processos essenciais bioquímica e fisiologicamente.

Para magnésio constatou-se T4 com maior valor com cerca de 0,33 dag kg⁻¹, seguido por T3 com 0,32 dag kg⁻¹ e por T5 com 0,28 dag kg⁻¹, T1 e T2 apresentaram o menor valor

0,27 dag kg⁻¹. Esses valores estão abaixo dos encontrados na literatura, Almeida, et al., (2011) encontrou 0,55 dag kg⁻¹, Haag e Minami (1988) encontraram 0,30 a 0,50 dag kg⁻¹.

Saber o conteúdo de nutrientes nas plantas é importante para avaliar a capacidade de remoção de nutrientes de cada cultura, bem como perceber deficiências que podem ter origem de falhas no manejo. Segundo KANO et al., (2010) nitrogênio e potássio são elementos mais extraídos pelas plantas, deficiência dos mesmos gera reduções no crescimento prejudicando o desenvolvimento e automaticamente a produção da alface.

A alta concentração de nutrientes pode dificultar a absorção de água pela planta prejudicando o crescimento e produtividade por efeito do estresse hídrico (MAIA et al., 2022). Em contrapartida segundo LORENZO et al., (2003) baixas concentrações em condições ambientais de reduzida demanda evaporativa da atmosfera, ocorre redução de massa seca e consequentemente da qualidade da produção.

No caso do experimento 2 os valores encontrados foram inferiores aos vistos nos tratamentos do experimento 1 em relação a parte aérea. Porém, a tendência dos maiores valores nas menores vazões também se manteve (Tabela 5). A maior concentração de N semelhante ao experimento 1 foi no T4 com 1,46 dag kg⁻¹, seguida por T1 com 1,32 dag kg⁻¹. O menor valor de N foi encontrado em T3 com 1,12 dag kg⁻¹. O N é o segundo nutriente mais requerido pela alface. A adubação nitrogenada recomendada para a alface está em torno de 100 a 130 Kg ha⁻¹ de N ou 40 a 60 t ha⁻¹ de esterco de curral para (RAIJ et al., 1997).

O valor de P encontrado em T2 e T4 foram o maior para esse mineral, no valor de 0,41 dag kg⁻¹, e T1 e T5 apresentaram 0,38 dag kg⁻¹ e T3 consistiu no menor valor que foi de 0,37 dag kg⁻¹. Esses resultados estão dentro do considerada ideal para alface, que segundo Faquin (2005) a faixa de requerimento de P ideal para o crescimento de alface é entre 0,10 e 0,50 dag kg⁻¹ na matéria seca.

Para K o tratamento T2 demonstrou maior concentração em relação aos demais no valor de 2,88 dag kg⁻¹. Seguida por T5 com 2,84 dag kg⁻¹. T1 e T3 apresentaram a menor concentração com cerca de 2,24 dag kg⁻¹. Em geral o K é encontrado com teores insuficientes em solos brasileiros (OTTO, VITTI e LUZ, 2010). Sendo que absorção e translocação desse mineral nas plantas são fortemente afetados pela disponibilidade dele no solo (LUO, HE e LEE, 2012). De acordo com PETRAZZINI et al. (2014), em seus estudos verificaram que o K foi o nutriente que mais restringiu a produção de matéria fresca, matéria seca de parte aérea e matéria seca de raiz.

Vale ressaltar que a relação potássio cálcio possui influencia direta no desenvolvimento das plantas, onde o excesso de um deles pode reduzir a concentração do outro podendo causar desequilíbrio. Durante o primeiro ciclo, percebe-se uma maior concentração de K nos tratamentos com aparas sendo superior na parte aérea quando comparado com a raiz. No experimento com solo os teores de K foram menores, entretanto essa tendência se repetiu e os maiores teores desse mineral também estavam presentes na parte aérea.

Em relação ao cálcio presente no material analisado o T3 obteve 0,93 dag kg⁻¹ sendo o de maior valor entre os demais, seguido por T2 e T4 com 0,90 dag kg⁻¹ e por T5 com 0,89 dag kg⁻¹ e por T1 com 0,82 dag kg⁻¹. Através dos resultados percebe-se que nos tratamentos com aparas de grama os teores de cálcio na parte aérea e raiz foram valores próximos diferente do que ocorreu com K. No caso do experimento com solo os teores de Ca foram maiores na parte aérea das plantas de alface e menores na raiz.

Os valores referentes a magnésio foram superiores em T3 com 0,25 dag kg⁻¹ seguido por T2 com 0,24 dag kg⁻¹, sendo que T1 e T4 apresentaram o menor valor 0,22 dag kg⁻¹.

As análises referentes a raiz das plantas também apresentou a mesma tendência, com resultados mais baixos em ambos os experimentos.

Tabela 5. Caracterização dos macronutrientes observados na parte aérea e raiz durante o primeiro ciclo das plantas de alface cultivadas em vasos com aparas de grama experimento 1 e solo experimento 2 como substrato.

		Experimento 1-Aparas de grama								Experimento 2- Solo				
		Vazão L/h	Nutrientes dag kg ⁻¹							Nutrientes dag kg ⁻¹				
			N	P	K	Ca	Mg			N	P	K	Ca	Mg
Parte aérea	T1	4,40	3,53 b	0,65 b	5,36 a	0,40 e	0,27 d	T1	4,72	1,32 b	0,38 b	2,24 d	0,82 d	0,22 d
	T2	4,14	2,80 e	0,55 e	3,68 e	0,69 a	0,27 d	T2	4,50	1,23 c	0,41 a	2,88 a	0,90 b	0,24 b
	T3	3,40	3,22 d	0,60 d	4,40 d	0,50 c	0,32 b	T3	3,58	1,12 d	0,37 c	2,24 d	0,93 a	0,25 a
	T4	2,84	4,03 a	0,69 a	4,72 c	0,57 b	0,33 a	T4	2,90	1,46 a	0,41 a	2,56 c	0,90 b	0,22 d
	T5	2,50	3,50 c	0,62 c	5,08 b	0,48 d	0,28 c	T5	2,56	1,23 c	0,38 b	2,84 b	0,89 c	0,23 c
Raiz	T1	4,40	2,02 e	0,58 b	3,60 a	0,30 e	0,29 d	T1	4,72	0,62 d	0,81 a	1,84 b	0,40 c	0,30 b
	T2	4,14	2,04 d	0,48 e	1,92 e	0,46 b	0,95 a	T2	4,50	0,67 b	0,71 c	1,72 d	0,44 b	0,24 d
	T3	3,40	2,72 a	0,67 a	2,40 c	0,73 a	0,27 e	T3	3,58	0,64 c	0,55 d	1,80 c	0,46 a	0,35 a
	T4	2,84	2,44 b	0,57 c	3,00 b	0,41 c	0,30 c	T4	2,90	0,70 a	0,81 a	1,80 c	0,46 a	0,28 c
	T5	2,50	2,16 c	0,54 d	2,20 d	0,33 d	0,36 b	T5	2,56	0,70 a	0,73 b	2,52 a	0,39 d	0,20 e

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste Tukey (p< 0,05)

4.1.3 Eficiência no uso da água

Através dos resultados encontrados é possível perceber que durante o primeiro ciclo tanto no experimento 1 com aparas de grama como no experimento 2 com solo a maior eficiência no uso da água foram nos tratamentos T5 que correspondem as menores vazões testadas (Tabela 6). Esses melhores resultados sinalizam para um melhor aproveitamento da água nesses tratamentos.

No caso do experimento 1 com aparas de grama a maior eficiência foi de $3,01 \text{ kg m}^{-3}$, seguida por $2,42 \text{ kg m}^{-3}$ do T3, $2,33 \text{ kg m}^{-3}$ do T4 e por $2,18 \text{ kg m}^{-3}$ e $2,12 \text{ kg m}^{-3}$ dos tratamentos T1 e T2 respectivamente. Essa menor quantidade de água aplicada também é reflexo da estagnação que ocorreu no crescimento dessas plantas ao longo do ciclo, isso fez com que a exigência por água nessas plantas fosse menor, além disso, esse material também aparentar exercer uma maior capacidade de armazenamento de água.

O experimento 2 com solo apresentou valores decrescente de eficiência de acordo com o aumento da vazão (Tabela 6). O maior valor encontrado foi de $2,12 \text{ kg m}^{-3}$ em T5, seguida por $2,03 \text{ kg m}^{-3}$ em T4, $1,60 \text{ kg m}^{-3}$ em T3 e por $1,17 \text{ kg m}^{-3}$ e $1,06 \text{ kg m}^{-3}$ respectivamente para T2 e T1. Diferente do que ocorreu no experimento 1, neste caso não ocorreu estagnação no desenvolvimento das plantas, sinalizando que em ambos os experimentos os menores volumes foram suficientes para suprir a necessidade hídrica da alface.

Tabela 6. Médias da eficiência no uso da água observado nos tratamentos dos substratos utilizados durante o primeiro ciclo.

Aparas de	Vazão L/ h					Solo	Vazão L/ h				
	T1	T2	T3	T4	T5		T1	T2	T3	T4	T5
Grama	4,40	4,14	3,40	2,84	2,50		4,72	4,50	3,58	2,90	2,56
EUA kg m⁻³	2,18 d	2,12 e	2,42 b	2,33 c	3,01 a	EUA kg m⁻³	1,06 e	1,17 d	1,60 c	2,03 b	2,12 a

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem significativamente pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

O melhor aproveitamento significa menos desperdício e sabe-se que a agricultura é o setor que demanda maior quantidade de água doce no mundo sendo que os sistemas de irrigação apresentam eficiência média global de 56 % (FAO, 2017). Problemas impulsionados pelas mudanças climáticas globais, tais como aumento da temperatura do ar tem elevado o consumo hídrico das culturas, com isso, faz-se necessário pesquisas para reduzir desperdícios e aumentar a eficiência no uso de água (EUA).

A utilização do ASI desenvolvido por (MEDICI et al., 2010), vem sendo utilizado com resultados satisfatórios na agricultura e contribuindo para uma maior eficiência no uso de água para estudos com diferentes culturas. Avaliando ASI em substratos agrícolas com diferentes características de retenção de água SOUSA et al. (2020) percebeu que o ASI foi eficiente no controle da aplicação de água.

Em sistema de verdeponia SOUZA et al. (2021) cultivando tomate cereja e GENTILE et al. (2020) cultivando tomate e pimentão observaram melhor aproveitamento de água constatando os benefícios no uso dos ASI. Resultados eficientes também foram encontrados por DIAS et al. (2013), GOMES et al. (2017 e MELLO et al. (2018) em seus estudos com as culturas do tomateiro e da cebola respectivamente, por TELES (2020) e AMBROZIM et al (2022) no cultivo de pimenta do reino, MARTINS, et al. (2020) com cultivo de flores e por DE SOUZA VAZ et al (2022) no cultivo de maracujá em sistema orgânico.

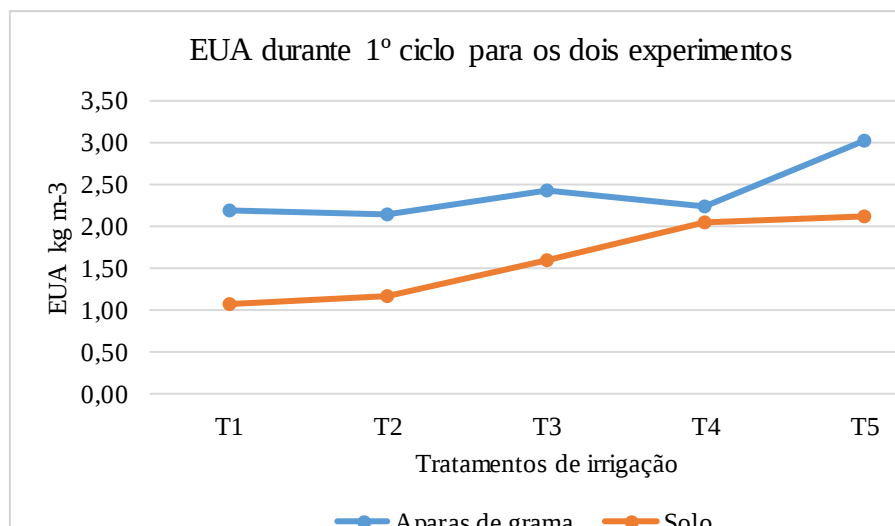


Figura 10. Gráfico da EUA dos tratamentos de irrigação durante o 1º ciclo de cultivo de alface sendo (1) maior e (5) menor vazão.

Durante o primeiro ciclo o volume de água aplicado nos dois experimentos foram bem diferentes, os dados mostram que no experimento 1 com aparas de grama foi de 1,89 (T1), 1,80 (T2), 1,55 (T3), 1,37 (T4) e 1,26 (T5) L planta⁻¹ distribuído entre os seus tratamentos, neste experimento o acionamento automático ocorreu durante 13 vezes de acordo com a necessidade das plantas. No caso do experimento com solo o volume aplicado foi de 3,67 (T1), 3,51 (T2), 2,88 (T3), 2,42 (T4) 2,18 (T5) L planta⁻¹ distribuído entre os seus tratamentos, o número de vezes de acionamento também foi superior chegando a 18 vezes durante todo o primeiro ciclo.

4.2 Segundo ciclo Experimental

Diferente do que ocorreu no primeiro ciclo, neste segundo momento foram feitas análises individuais para cada vazão, e não uma amostra composta como inicialmente, desse modo é possível observar de maneira mais restrita as variações de pH e químicas para cada um dos cinco tratamentos dos experimentos 3 com aparas de grama (Tabela 10) e experimento 4 com solo (Tabela 7).

Tabela 7. Análise química do solo do experimento 4 no segundo ciclo para cada vazão após a colheita.

Vazão	pH em	cmol c dm ³								%		mg dm ⁻³	
		Al	H + Al	Ca	Mg	Na	SB	t	T	V	m	P	K
T1 4,72	6,1	0	2,64	3,24	1,22	0	4,77	4,77	7,41	64,4	0	64,3	121
T2 4,50	6,3	0	1,65	3,50	1,36	0	5,31	5,31	6,96	76,3	0	78,3	175
T3 3,58	6,3	0	2,97	3,54	1,42	0	5,52	5,52	8,49	65,0	0	84,3	220
T4 2,90	6,3	0	2,64	3,83	1,51	0	6,11	6,11	8,75	69,8	0	96,7	300
T5 2,56	6,4	0	2,31	3,58	1,42	0	5,59	5,59	7,9	70,8	0	78,3	230

A calagem possibilitou uma faixa de pH dentro do recomendado para a cultura da alface sendo observado um aumento do mesmo de acordo com a vazão, também for perceptível melhorias nas concentrações de Ca e Mg. No caso de Ca o maior valor foi encontrado em T4 3,83, seguido por T5 3,58, T3 com 3,54, T2 3,50 e T1 3,24. Para Mg as

concentrações foram semelhantes tendo T4 apresentado o maior valor 1,51, seguido por T5 e T3 com 1,42, T2 com 1,36 e T1 com 1,22.

4.2.1 Variáveis morfológicas

Durante o segundo ciclo de cultivo de alface, tanto as mudas cultivadas com aparas de grama como substrato no experimento 3, quanto as que receberam solo no experimento 4 tiveram duas leituras para H e NF (Tabela 8). A primeira leitura ocorreu 15 dias após o transplântio e a segunda no momento da colheita, aos 36 DAT.

No caso do experimento 3, em ambas as medições, não foi observada diferença significativa para as referidas variáveis (Tabela 8). Inicialmente T1 e T3 apresentaram a maior H com 7,30 cm, T5 registrou 7,20 cm e T2 7,00 cm, em contrapartida T4 expressou a menor H com 6,20 cm. Na segunda observação a maior H foi encontrada em T3 com 17,75 cm, seguida por T1 e T4 com 17,37 cm, T2 apresentou 16,37 cm e a menor foi verificada em T5 com 16,00 cm. YAKUWA, (2021) encontrou H de até 13,4 cm em seus experimentos com alface utilizando resíduos de bagaço de laranja e adubação química. Quando se compara os dois experimentos com aparas de grama, percebe-se que os tratamentos do segundo ciclo apresentaram valores de H superiores aos do primeiro ciclo.

Em relação ao NF para experimento 3, durante a primeira aferição percebeu-se que T5 apresentou a maior média 8,25, seguidas por T4 com 7,80 e T2 com 7,60, T3 expressou 7,00. O menor valor médio foi encontrado em T1 com 6,60. Esses valores estão próximos aos encontrado YAKUWA, (2021) que encontrou variação de 4,00 a 12,00 em tratamentos utilizando resíduos de bagaço de laranja e também adubação química do solo no cultivo de alface. Na segunda medição de NF aos 36 DAT o maior valor foi encontrado em T5 com média de 31,33, seguida por T3 com 29,40, T1 e T4 apresentaram 25,20. A menor média foi encontrada em T1 e T4 com 23,40. Também foi perceptível um aumento em relação a variável NF do primeiro para o segundo ciclo nos tratamentos dos experimentos com aparas exceto para o tratamento T2 que reduziu.

Os resultados expressos para MFPA referente ao experimento 3 apresentaram diferença significativa entre os cinco tratamentos (Tabela 8), sendo que as médias encontradas para todos os tratamentos foram inferiores as encontradas durante o primeiro ciclo, sinalizando para um provável efeito negativo ou inibitório para adição de cama de frango no tratamento com aparas de grama. Durante esse segundo ciclo, as condições climáticas para cultivo de alface na região não são as mais adequadas quando comparadas ao período do primeiro ciclo e essa temperatura mais elevada pode ter refletido negativamente na produção de alface.

O aumento de temperatura afeta primeiramente a evapotranspiração, aumentando a capacidade do ar para receber vapor de água (Rosenberg et al., 1989). Para CERMENO (1990), os processos metabólicos das plantas possuem temperaturas críticas que os impedem ou dificultam, sendo a temperatura ótima para as suas principais atividades entre 20 e 30 °C.

Tabela 8. Médias para as diferentes variáveis morfológicas do segundo ciclo de alface para tratamentos dos experimentos 3 aparas de grama e experimento 4 com solo como substrato.

Variaveis	Experimento 3- Aparas de grama					Experimento 4- Solo				
	T1	T2	T3	T4	T5	T1	T2	T3	T4	T5
	4,40	4,14	3,40	2,84	2,50	4,72	4,50	3,58	2,90	2,56
H1 (cm)	7,30 a	7,00 a	7,30 a	6,20 a	7,20 a	13,20 a	13,40 a	9,60 a	11,60 a	10,00 a
H2 (cm)	17,37 a	16,37 a	17,75 a	17,37 a	16,00 a	15,50 a	15,87 a	14,40 a	14,10 a	14,00 a
NF1	6,60 c	7,60 ab	7,00 bc	7,80 ab	8,25 a	12,40 b	12,00 b	14,50 a	12,50 ab	11,80 b
NF2	25,20 b	20,33 c	29,40 a	25,20 b	31,33 a	37,20 a	38,50 a	32,75 ab	33,50 ab	30,00 b
MFPA (g)	61,74 a	35,53 c	35,86 c	30,40 c	46,06 b	84,74 a	65,67 b	50,90 bc	45,77 c	38,84 c
MSPA (g)	3,11 ab	1,53 c	3,33 a	1,93 bc	4,12 a	6,43 a	5,04 b	4,81 b	4,49 b	3,74 b
MFR (g)	4,10 a	5,77 a	4,50 a	4,18 a	5,58 a	30,52 a	38,60 a	41,70 a	30,55 a	29,62 a
MSR (g)	0,46 a	0,40 ab	0,35 ab	0,28 bc	0,22 c	2,38 b	2,45 b	3,39 ab	4,14 a	2,69 b
ICF a	14,01 a	14,55 a	14,55 a	13,31 a	14,13 a	13,96 a	14,90 a	14,86 a	14,72 a	13,24 a
ICF b	2,48 a	2,53 a	2,43 a	2,42 a	2,25 a	2,28 a	2,36 a	2,50 a	2,52 a	2,36 a
ICF a (15 DAP)	17,13 a	17,98 a	16,26 a	18,46 a	20,38 a	23,60 a	23,16 a	23,86 a	24,90 a	25,70 a
ICF b (15 DAP)	3,73 a	3,87 a	4,16 a	3,57 a	3,62 a	4,32 a	4,10 a	4,46 a	4,78 a	4,92 a
ICF a (36 DAP)	20,71 a	21,05 a	22,40 a	20,14 a	25,74 a	22,36 a	21,12 a	23,70 a	25,00 a	24,56 a
ICF b (36 DAP)	3,73 a	3,66 a	4,16 a	3,58 a	4,93 a	3,94 a	3,68 a	4,54 a	4,48 a	4,58 a

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem significativamente pelo teste Tukey ($p < 0,05$)

O melhor resultado para MFPA no experimento 3 foi encontrado em T1 com 61,74 g seguido por T5 com 46,06 g, os demais tratamentos não diferiram entre si para esta variável apresentando os valores de T2 35,53 g, T3 35,86 g e T4 30,40 g. Esses valores são inferiores aos encontrados na literatura para sistemas orgânicos. Utilizando diferentes coberturas vegetais Longhini et al. (2019) obteve variação de 222 g com cobertura de palha de aveia para cultura Vanda, e para cobertura com palha de braquiária obteve 246 g de peso comercial para mesma cultivar. Para essa mesma cultivar, mais utilizando diferentes coberturas plásticas para o solo Rocha e Purquerio, (2009) observou 451,1 g planta⁻¹ para o tratamento sem cobertura e 469,4 g planta⁻¹ para a cobertura de plástica.

Em estudo utilizando diferentes doses de calcário e também de silício OLIVEIRA, (2021) encontrou valores inferiores aos encontrados nesse estudo para MFPA, em tratamentos com doses distintas de calcário observou médias individuais variando de 18,36 g a 24,16 g de MFPA. Nos tratamentos com as doses de silício essas médias individuais variaram de 15,01 g a 21,64 g de MFPA. Em experimentos em vasos comparando MFPA para diferentes doses e fontes de adubação nitrogenada química e orgânica LOBO et al. (2020) obtiveram variação 130,0 g a 450,0 g MFPA, em um segundo ciclo essa variação foi de 169,40 g a 228,40 g MFPA, em ambos os ciclos os maiores valores foram em tratamentos exclusivamente com adubação orgânica.

Em relação a MSPA essa diferença também ocorreu para o experimento 3, sendo que T5 apresentou maior valor 4,12 g que não diferiu de T3 com 3,33 g, T3 apresentou 3,11 g e T4 1,93 g. O menor valor foi observado em T2 com 1,53 g (tabela 11). Esses valores são inferiores aos encontrados por LOBO et al. (2020) que em experimentos com adubação nitrogenada orgânica e química, verificou variação de 6,32 g a 19,43 g entre os tratamentos para MSPA no primeiro ciclo e de 3,09 g a 13,07 g de MSPA em um segundo ciclo. Em experimentos utilizando diferentes doses de aplicação de calcário e silicato OLIVEIRA, (2021) encontrou valores semelhantes, tendo encontrado variação de 3,04 g a 5,24 g de MSPA em tratamentos com diferentes doses de calcário e variação 3,04 g a 4,39 g de MSPA para tratamentos com diferentes doses de silício.

Para as análises da raiz não houve diferença significativa entre os tratamentos para MFR variando de 5,77 g em T2 sendo o maior valor a 4,10 g em T1, sendo que T3, T4 e T5 registraram 4,50 g, 4,18 g e 5,58 g respectivamente, no caso MSR, porém essa diferença ocorreu, sendo que T1 apresentou maior valor 0,46 g e T5 o menor valor com 0,22 g (Tabela 8).

De acordo com os resultados obtidos percebeu-se uma redução no desenvolvimento das plantas em relação ao primeiro ciclo, isso fica expresso principalmente em relação MFPA, MSPA e também em relação MFR e MSR. Além de fatores climáticos, a adição complementar de cama de frango nos tratamentos com aparas de grama pode ter causado salinidade prejudicando o desenvolvimento das plantas.



Figura 11. Representação de parte aérea e sistema radicular dos cinco tratamentos de irrigação, durante o segundo ciclo no experimento 3 com aparas de grama.

No caso do experimento 4 em que se usou solo como substrato, foram realizadas duas leituras tanto para H quanto para NF. No caso de H não foram observadas diferenças entre os tratamentos em ambas. Na segunda leitura o maior valor foi em T2 com 15,87 cm, seguida por T1 com 15,50 cm, T3 com 14,40 cm, T4 14,10 cm e a menor em T5 com 14,00 cm. Comparando os valores obtidos nos tratamentos dos dois experimentos com solo, observa-se pouca diferença entre o mesmo, sendo, no entanto, percebido um aumento nos valores para os tratamentos T1, T2 e T3 e uma redução em T4 e T5.

No caso do NF, observou-se diferença entre os tratamentos nas duas leituras. Na primeira o T3 expressou maior valor 14,50 cm esse valor foi diferente estatisticamente dos outros tratamentos onde T1 e T2 registraram 12,40 cm e 12,00 cm e o menor valor foi em T5 com 11,80 cm. Durante a segunda leitura os maiores valores foram observados em T2 e T1 com 38,50 cm e 37,20 cm respectivamente, esses foram diferentes dos demais, tendo T3 e T4 apresentado 32,75 cm e 33,50 cm e o menor valor foi observado em T5 com 30,00 cm. Para NF quando se compara os dois experimentos com solo observa-se uma aumento bastante considerável em mais de 10 unidades em todos os tratamentos no segundo ciclo em relação ao primeiro.

Nesse segundo ciclo, para MSPA o T1 apresentou melhor resultado 6,43 g diferindo dos demais, o menor valor foi de 3,74 g em T5. No caso da MFPA, o maior valor também foi encontrado em T1 com 84,74 g e os menores em T4 e T5 com 45,77 g e 38,84 g respectivamente. Em estudo utilizando diferentes coberturas de solo no cultivo de alface para a cultivar Vanda LONGHINI, et al. (2019) encontrou média de 333 g de MFPA para tratamentos com cobertura de casca de arroz, e de 363 g de MFPA para tratamentos em que se utilizou como cobertura de solo casca de café.

De acordo com os resultados, no experimento 4 observou-se diferença significativa nos tratamentos tanto para MFPA quanto para MSPA. Esses resultados, ainda que fora da faixa sugerida como ideal na literatura, foram superiores para todos os tratamentos em relação aos observados no primeiro ciclo. Sinalizando para um efeito positivo no aumento da quantidade de cama de frango adicionada no experimento 4 em comparação ao experimento 2 do primeiro ciclo. Percebeu-se de forma geral uma melhoria nos resultados encontrados no segundo ciclo em relação ao primeiro ciclo, sinalizando que a nova dose de cama de frango aplicada poderia ter sido ainda maior.

Em relação ao sistema radicular novamente percebeu-se uma produção reduzida de raiz, reflexo de um maior acesso a N que essas plantas apresentaram novamente, não foi observada diferença entre os tratamentos para MFR para o experimento 4. Para MSR percebeu-se melhor resultado em T4 com 4,14 g e o menor valor em T1 com 2,38 g (Tabela 8).



Figura 12. Representação de parte aérea e sistema radicular dos cinco tratamentos de irrigação, durante o segundo ciclo no experimento 4 com solo.

Diferente do primeiro ciclo, neste segundo para obtenção de ICF *a* e *b* foram realizadas três leituras ao longo do ciclo sendo a 1, 15 e 36 DAP, em nenhum desses

momentos foram encontradas diferença significativa entre os tratamentos. Durante esse segundo ciclo novamente os tratamentos do experimento 3 com aparas de grama expressaram maiores teores de N em relação ao experimento simultâneo com solo 4, entretanto dessa vez os maiores ICF *a* e *b* foram observados no experimento com solo que apresentou menores teores de N quando comparado ao experimento com aparas de grama.

Esperava-se que as plantas com teores maiores de N apresentassem mais clorofila, uma das explicações para que isso não tenha ocorrido é de que possa ter ocorrido um acúmulo de N no vacúolo das plantas na forma de nitrato, e desta forma o clorofilmetro utilizado nas medições não consegue fazer a leitura desse nutriente nessa conformação.

No caso do experimento 3 com aparas de grama como substrato na primeira leitura T2 e T3 expressaram o maior valor para clorofila *a* com 14,55 e o menor valor foi visto em T4 com 13,31 (Tabela 11). Já para clorofila *b* o maior valor foi em T2 com 2,53 e o menor em T5 com 2,25. Na segunda leitura constatou-se o melhor resultado para clorofila *a* em no T5 com valor de 20,38 e o menor em T3 com 16,26. Para clorofila *b* o maior valor foi em T3 com 4,16 e o menor em T4 com 3,57. Na última aferição o maior valor de clorofila *a* foi em T5 com 25,74 e o menor em T4 com 3,58.

Para o experimento 4 com solo, também não foi observado diferença significativa entre os tratamentos (Tabela 11), a maior média para clorofila *a* foi expressa em T2 14,90 e a menor em T5 com 13,24. No caso da clorofila *b* a melhor média foi em T4 com 2,52 e a menor em T1 com 2,28. Na segunda leitura T5 expressou a melhor média para clorofila *a* com 25,70, a menor média foi de 23,16 em T2. Para clorofila *b* a melhor média foi em T5 com 4,92 e a menor em T2 com 4,10. Durante a última leitura T4 apresentou a melhor média de clorofila *a* 25,00 enquanto a menor média pode ser observada em T2 com 21,12. Para clorofila *b* a maior média foi em T5 com 4,58 enquanto a menor em T2 com 3,68.

4.2.2 Macronutrientes matéria fresca da parte aérea e raiz

A alface é exigente principalmente em relação ao potássio, nitrogênio, cálcio e fósforo, não se podendo desprezar, porém, a importância dos demais. Apesar de absorver as quantidades relativamente pequenas de nutrientes, quando comparadas com outras culturas, seu ciclo rápido a torna mais exigente em nutrientes (ZAMBON, 1982).

Para o experimento 3 com aparas de grama e experimento 4 com solo foram feitas análises em relação aos teores de nutrientes tanto em relação a parte aérea quanto a raiz, dados referentes a N, P, K, Ca e Mg foram levantados para os dois experimentos (Tabela 9). Em relação a parte aérea foi observado aumento nos teores de Macronutrientes do primeiro para o segundo ciclo de todos os cinco tratamentos de cada substrato, esse resultado pode ser reflexo da elevação da quantidade de cama de frango aplicada nos tratamentos durante o segundo ciclo.

Para os teores de N referente a parte aérea no experimento 3 o melhor resultado foi em T1 com 4,56 dag kg⁻¹ seguido por T5 com 4,20 dag kg⁻¹ o menor teor foi em T3 com 3,67 dag kg⁻¹. Comparando com experimento 1 que também utilizou aparas de grama como substrato, o único tratamento do segundo ciclo que apresentou teor de N inferior em relação a parte aérea foi T4 com 3,84 dag kg⁻¹ contra 4,03 no primeiro ciclo. De acordo SHEAR (1975), o nitrogênio é o nutriente que mais interfere no crescimento vegetativo da alface, sendo que a sua falta inibe a absorção de cálcio.

No presente experimento P expressou melhor resultado em T4 com 1,02 dag kg⁻¹, seguido por T3 com 0,81 dag kg⁻¹ e T1 com 0,79 dag kg⁻¹, o menos teores foram de 0,71 dag kg⁻¹ e 0,73 dag kg⁻¹ em T2 e T4 respectivamente para parte aérea da alface. O fósforo é um nutriente fundamental para o crescimento das plantas, principalmente do sistema radicular.

Para parte aérea, em relação a P e Mg os melhores resultados foram encontrados nas menores vazões T5 sendo respectivamente 1,02 e 0,54 dag kg⁻¹. Segundo FILGUEIRA (1989) a maior absorção de nutrientes é conseguida entre faixas de temperaturas de 25 e 35 °C. Baixas temperaturas noturnas (inferiores a 15°C) são mais importantes, em relação às diurnas. MELÉM et al. (1999) identificaram baixa produção em NF por planta e MFPA para a cultivar Greatlakes devido às altas temperaturas da região Macapá (AP), no período da condução do experimento.

Para K em relação a parte aérea T1 apresentou o melhor resultado com 8,40 dag kg⁻¹ seguido por T3 com 7,04 dag kg⁻¹ e por T4 com 6,92 dag kg⁻¹ e o menor teor é de T5 com 6,48 dag kg⁻¹. O potássio é o nutriente mais requerido pela alface, K é responsável pela qualidade dos produtos agrícolas em geral, agindo na planta principalmente como ativador enzimático, regulador da abertura e fechamento dos estômatos, resistência dos vegetais às geadas, regulador do turgor celular (PRESOTTO, 2015).

De acordo com os resultados das análises o teor de Ca na parte aérea que expressou melhor resultado foi em T2 com 0,76 dag kg⁻¹ seguida por T4 com 0,68 dag kg⁻¹ e T1 com 0,64 dag kg⁻¹. O menor teor foi encontrado em T3 com 0,57 dag kg⁻¹ (Tabela 9). O cálcio é fundamental para a estrutura e funcionamento de membranas celulares, e como constituinte ou ativador enzimático.

No experimento 3 o melhor resultado para Mg em relação a parte aérea foi em T5 com 0,54 dag kg⁻¹ seguido por T2 com 0,44 dag kg⁻¹ T1 e T4 expressaram o mesmo teor 0,42 dag kg⁻¹, o menor resultado foi observado em T3 com 0,38 dag kg⁻¹. O magnésio é fundamental para a fotossíntese, sendo constituinte da molécula de clorofila, participa de inúmeras reações como ativador enzimático (MALAVOLTA et al., 1997).

Durante esse segundo ciclo ocorreu aumento nos teores nutricionais das plantas, reflexo do aumento nas doses de cama de frango nos tratamentos com solo, e adição de 5 gramas nos tratamentos com aparas de grama. No experimento 3, realizado com aparas de grama como substrato os teores N, P, K, Ca foram superiores na parte aérea das plantas enquanto que Mg os maiores teores foram encontrados na raiz. No experimento 4 com solo essa situação também se repetiu. No caso desses tratamentos os teores de cálcio na parte aérea foram os maiores entre os 4 experimentos realizados nesse estudo.

Foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para parte aérea no experimento 3. A alface é considerada uma hortaliça exigente em nutrientes, ainda que absorva pequenas quantidades, quando comparada às outras culturas devido seu ciclo curto (PRESOTTO, 2015).

No experimento 4 com solo de substrato os teores de nutrientes foram menores quando comparados aos tratamentos com aparas de grama na parte aérea, mesmo utilizando uma quantidade maior de cama de frango em relação ao primeiro ciclo. No entanto quando comparado com os tratamentos do experimento 2 que também utilizou solo como substrato percebe-se que todos os tratamentos do segundo ciclo elevaram seus teores dos macronutrientes avaliados, reflexo do aumento na dose de cama de frango. Em relação as análises da parte radicular também foram observadas elevações nos teores nutricionais da maioria dos tratamentos para grande parte dos macronutrientes avaliados.

Tabela 9. Caracterização dos Macronutrientes observados na parte aérea e raiz durante o segundo ciclo das plantas de alface cultivadas em vasos com aparas de grama experimento 3 e solo experimento 4 como substrato.

		Experimento 3- Aparas de grama							Experimento 4- Solo						
		Vazão L/h	Nutrientes dag kg ⁻¹							Vazão L/h	Nutrientes dag kg ⁻¹				
			N	P	K	Ca	Mg				N	P	K	Ca	Mg
Parte aérea	T1	4,40	4,56 a	0,79 c	8,40 a	0,64 c	0,42 d	T1	4,72	1,62 d	0,52 a	4,64 d	1,38 b	0,45 b	
	T2	4,14	3,98 c	0,71 e	6,72 d	0,76 a	0,44 b	T2	4,50	2,10 a	0,43 d	4,68 c	1,41 a	0,48 a	
	T3	3,40	3,67 e	0,81 b	7,04 b	0,57 e	0,38 e	T3	3,58	1,93 c	0,48 b	4,16 e	1,37 c	0,48 a	
	T4	2,84	3,84 d	0,73 d	6,92 c	0,68 b	0,42 d	T4	2,90	1,99 b	0,48 b	5,08 b	1,21 e	0,42 c	
	T5	2,50	4,20 b	1,02 a	6,48 e	0,61 d	0,54 a	T5	2,56	1,99 b	0,45 c	5,32 a	1,28 d	0,45 b	
Raiz	T1	4,40	2,21 a	0,77 c	3,84 e	0,59 b	0,96 c	T1	4,72	0,90 a	0,42 a	1,88 c	0,44 b	0,82 e	
	T2	4,14	1,60 d	0,75 d	5,76 b	0,68 a	1,44 a	T2	4,50	0,67 e	0,29 e	2,04 b	0,51 a	1,68 a	
	T3	3,40	1,96 c	0,79 b	4,16 d	0,55 d	0,92 d	T3	3,58	0,76 c	0,31 c	1,88 c	0,51 a	1,36 b	
	T4	2,84	1,60 d	0,75 d	5,80 a	0,50 e	0,60 e	T4	2,90	0,73 d	0,30 d	1,88 c	0,44 b	0,95 c	
	T5	2,50	2,16 b	0,88 a	5,60 c	0,56 c	1,04 b	T5	2,56	0,78 b	0,36 b	2,08 a	0,51 a	0,94 d	

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste Tukey (p< 0,05)

Além de parte aérea e raiz, também foram realizadas análises referente aos substratos utilizados após a finalização do ciclo. Para isso, foi feita a separação desse material por vazão, obtendo-se assim os valores individuais dos tratamentos (Tabela 10). Não foi observado sintomas de deficiência nutricional nas plantas dos experimentos implantados com aparas de grama. A desordem nutricional por deficiências, excessos e ou desequilíbrio causam diminuição na produção das culturas, de acordo com Flores et al. (2012) a produção pode ser comprometida mesmo antes da manifestação de sintomas.

Tabela 10. Análise química das aparas de grama utilizadas como substrato no experimento 3 após a colheita durante o segundo ciclo.

	Vazão L/h	Nutrientes dag kg ⁻¹				
		N	P	K	Ca	Mg
T1	4,40	1,48 d	0,17 c	0,88 b	0,46 d	0,28 e
T2	4,14	1,34 e	0,16 d	0,84 c	0,55 c	0,30 d
T3	3,40	2,13 a	0,18 b	0,96 a	0,61 b	0,39 b
T4	2,84	1,65 c	0,16 d	0,60 d	0,55 c	0,33 c
T5	2,50	1,96 b	0,19 a	0,88 b	0,63 a	0,41 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste Tukey (p < 0,05)

Os teores de N no substrato após a conclusão do experimento 3 apresentou maior valor em T3 com 2,13 dag kg⁻¹ seguido por T5 com 1,95 dag kg⁻¹ e T4 com 1,65 dag kg⁻¹, sendo que o menor valor foi demonstrado em T2 com 1,32 dag kg⁻¹. Para P, Ca e Mg os maiores teores foram em T5 que possui a menor vazão e foram respectivamente de 0,19 dag kg⁻¹, 0,63 dag kg⁻¹ e 0,41 dag kg⁻¹ sendo que os menores teores para esses mesmos nutrientes foram de 0,16 dag kg⁻¹ para P em T2, 0,46 dag kg⁻¹ para Ca em T1 e 0,28 dag kg⁻¹ para Mg em T1. No caso do K o maior teor ocorreu em T3 com 0,96 dag kg⁻¹ seguido por T1 e T5 com 0,88 dag kg⁻¹ tendo o menor teor desse nutriente sido apresentado em T4 com 0,60 dag kg⁻¹.

4.2.3 Eficiência no uso da água

Durante o segundo ciclo é possível observar que nos tratamentos do experimento 3 com aparas de grama a menor vazão T5 correspondente a 2,50 L/h apresentou a melhor eficiência no uso de água entre os cinco tratamentos com valor de 3,01 kg m⁻³, a segunda maior eficiência foi encontrada em T1 com 1,97 kg m⁻³, seguida por T3 com 1,95 kg m⁻³, T4 com 1,25 kg m⁻³ e T2 com 1,04 kg m⁻³ (Tabela 11).

No experimento 4 com solo observou-se um resultado semelhante, com T5 correspondente a menor vazão de irrigação apresentando a maior eficiência com 2,13 kg m⁻³ seguida por T4 com 1,93 kg m⁻³, T1 expressou 1,77 kg m⁻³ e T3 1,76 kg m⁻³ a menor eficiência foi observada em T2 com 1,44 kg m⁻³. Em cultivo com alface com ciclo um pouco maior utilizando ASI sob diferentes vazões de irrigação VALENÇA et al. (2016) observou crescimento linear das plantas de acordo com o aumento do volume de água em vasos com solo.

Em sistema de verdeponia cultivando tomate GENTILE (2020) encontrou EUA de 9,43 kg m⁻³ em tratamentos com aparas de grama como substrato e de 15,75 kg m⁻³ em tratamentos com solo, além da diferença na duração do ciclo das culturas a exigência hídrica delas também pode ter influenciado nesse resultado.

Esses resultados corroboram com os encontrados por SOUZA et al. (2020) que constatou a eficiência do ASI mesmo em substratos isentos de solo com foi o caso dos tratamentos com aparas de grama.

Tabela 11. Médias da eficiência no uso da água observado nos tratamentos do segundo ciclo de cultivo de alface dos substratos utilizados.

Aparas de Grama	Vazão L/h					Solo	Vazão L/ h				
	T1	T2	T3	T4	T5		T1	T2	T3	T4	T5
	4,40	4,14	3,40	2,84	2,50		4,72	4,50	3,58	2,90	2,56
EUA kg m ⁻³	1,97 b	1,04 e	1,95 c	1,25 d	3,01 a	EUA kg m ⁻³	1,77 c	1,44 e	1,76 d	1,93 b	2,13 a

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem significativamente pelo teste Tukey (p< 0,05)

O volume de água aplicada também foi superior no experimento 4 com solo durante o segundo ciclo variando de 3,45 (T1), 3,32 (T2), 2,74 (T3), 2,32 (T4) e 2,11 (T5) L planta⁻¹ o acionamento do ASI de 19 vezes durante o ciclo. No caso do experimento com aparas o volume aplicado foi de 1,81 (T1), 1,74 (T2), 1,52 (T3), 1,35 (T4) e 1,25 (T5) L planta⁻¹ distribuídos nos tratamentos e ocorrendo acionamento do ASI por 11 vezes durante todo o ciclo.

Esses resultados podem sinalizar para uma maior capacidade de armazenamento da aparas de grama em relação ao solo, e consequentemente uma menor necessidade de acionamento da irrigação. Além disso, a ocorrência da estagnação presente nos dois ciclos também justifica esse menor gasto de água, uma vez que essa interrupção momentânea no desenvolvimento das plantas nesses experimentos reduziu a necessidade de água e consequentemente o acionamento da irrigação.

A quantidade de água aplicada durante os dois ciclos diferiu entre os dois substratos, tendo o volume aplicado nas aparas de grama ficado próximo da metade do valor total aplicado nos tratamentos do substrato solo. Isso também interferiu na eficiência do uso de água pelas plantas. Durante esse segundo ciclo de cultivo observou-se uma oscilação maior entre os valores de EUA no experimento com grama (Figura 12), sendo mais expressiva do que ocorreu no primeiro ciclo. No caso do experimento com solo, percebe-se um decréscimo na EUA de acordo com que se aumenta a vazão de irrigação, sinalizando para um excesso de água nesses tratamentos.

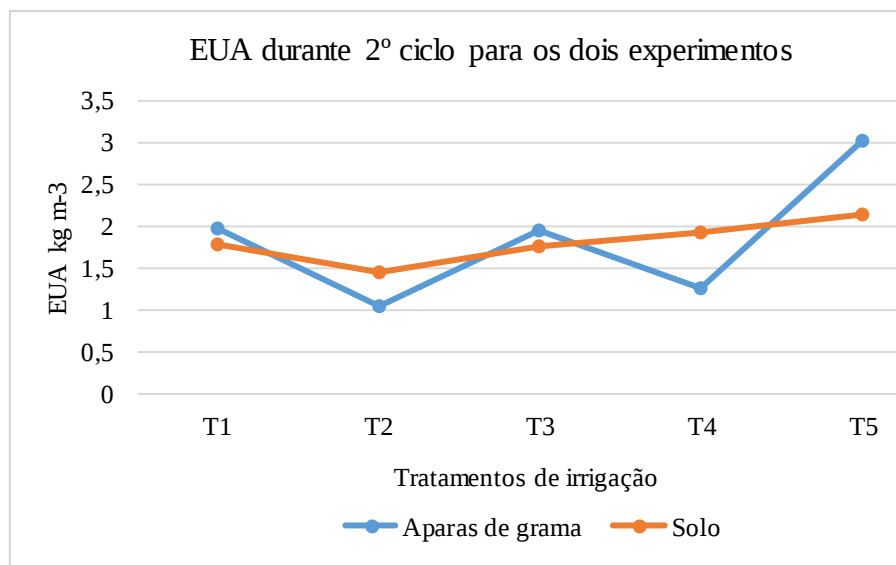


Figura 13. Gráfico da EUA dos tratamentos de irrigação durante o 2º ciclo de cultivo de alface sendo (1) maior e (5) menor vazão.

5 CONCLUSÕES

Os experimentos demonstram uma produção de alface semelhante entre os cultivos com aparas de grama e solo mostrando que o método de verdeponia tem potencial para ser implantado como substrato alternativo no cultivo de alface.

A EUA foi melhor nas menores vazões. Sendo superior nos experimentos com aparas de grama, a estagnação nos experimentos com aparas de grama teve influência direta nesses resultados.

Os teores de nutrientes nos experimentos com aparas de grama foram superiores tanto no material vegetal de alface quanto no substrato utilizado nos vasos, indicando que as aparas são compatíveis com as necessidades nutricionais da alface.

A estagnação inicial do crescimento das plantas nos experimentos com aparas de gramas não comprometeu a produção de alface, visto que, seus resultados foram semelhantes ou superiores aos dos experimentos com solo.

Novos estudos deverão ser feitos para elucidar os motivos dessa estagnação e as hipóteses a serem testadas podem envolver alelopatia, falta de oxigênio e também salinidade.

Os testes pilotos permitiram observar que além da viabilidade da verdeponia na produção comercial, também é possível produzir mudas de olerícolas no sistema. E que além de aparas de grama, também pode-se usar outras fontes de biomassa.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÂNTARA, F.A.; FURTINI NETO, A.E.; PAULA, M.B. de; MESQUITA, H.A. de; MUNIZ, J.A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.277-288, 2000.
- ALMEIDA, L.P ALVARENGA, A.A.; CASTRO, E.M.; ZANELA, S.M.; VIEIRA, C.V. Crescimento inicial de plantas de *Cryptocaria aschersoniana* Mez. submetidas a níveis de radiação solar. *Ciência Rural*, v.34, n.1, p. 83-88, 2004.
- ALMEIDA, J.C.C.; PÁDUA, F.T.; ROCHA, N.S.; SILVA, T.O.; CHAVES, I.P.L.; NEPOMUCENO, D.D. Produção e composição químico-bromatológica da grama-batatais (*Paspalum notatum* Flugge) dos gramados do campus da UFRRJ. *Rev. Univ. Rural, EDUR*, v.26, n.2, julho-dezembro, p. 48-53, 2006.
- ALMEIDA, M, J . Reposição deficitária de água e adubação com organomineral no crescimento e produção de tomateiro industrial. Dissertação (mestrado em irrigação no Cerrado). Instituto Federal Goiano – Campus Ceres – GO, Setembro de 2017.
- ALMEITA, T, B,F.; PRADO, R M.; CORREIA,M,A,R.; PUGA, A,P.; BARBOSA,J,C. Avaliação nutricional da alface cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. *Revista Biotemas*, 24 (2), junho de 2011.
- AMBROZIM, CS, MÉDICI, LO, DA CRUZ, ES, ABREU, JFG, & DE CARVALHO, DF (2022). Resposta fisiológica da pimenta-do-reino (*Piper nigrum* L.) ao déficit de irrigação. *Revista Ciência Agronômica* , 53 , 1-10.
- AMORIM NETO, M. da S.; GOMIDE, R. L.; SEDIYAMA, G. C. Índice de estresse hídrico da cultura do feijoeiro irrigado. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 49-53, 1996.
- ANDRADE, M, C, R; SANTOS, J, M, A; SILVA, P, M, R; CAMPOS, N, M. Produção de tomate rasteiro por irrigação localizada. *Revista Saberes UniAGES*, Paripiranga, Bahia, Brasil, v. 1, n. 5, p. 18-22, Jan. /Abr. 2017.
- ANTUNES, L. F. S.; VAZ, A. F. S.; FERREIRA, T. S.; SILVA, D. G.; CORREIA, M. E. F. Influência do armazenamento de substratos orgânicos no desenvolvimento de mudas de alface. *Cadernos de Agroecologia – ISSN 2236-7934 - Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia*, São Cristóvão, Sergipe - v. 15, no 2, 2020.
- BALDANI, V.L.D., and DOBERELNER, J. (1980). Host-plant specificity in the infection of cereals with *Azospirillum* spp. *Soil Biol. Biochem.* 12, 433-439
- BATISTA, S. C .O.; CARVALHO, D. F.; ROCHA, H. S.; SANTOS, H. S.; MEDICI, L. O. Production of automatically watered lettuce with a low cost controller. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, Vol.11 (2), April 2013
- BORRMANN, D. Efeito do déficit hídrico em características químicas e bioquímicas da soja e na degradação da clorofila, com ênfase na formação de metabólitos incolores. 2009. 125 f.

Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo.

BERGSTRAND KJ, LÖFKVIST K, ASP H. 2020. Dynamics of nutrient availability in tomato production with organic fertilisers. *Biol Agric Hortic*. 36(3):200–212

BEZERRA, A. C. M. Irrigação automática acionada por sensor de pressão de vapor aplicada na produção de mudas de alface. 2017. 59p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola e Ambiental). Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2017.

BEZERRA, A.C.M.; VALENÇA, D.C.; DE CARVALHO, D.F.; DE PINHO, C. F.; REINERT, F.; GOMES, D.P.; GABETTO, F.P.; AZEVEDO, R.A.; MASSERONI, D.; MEDICI, L.O. Automation of lettuce seedlings irrigation with sensors deployed in the substrate or at the atmosphere. *Sci. Agric*. v.76, n.2, p.179-189, March/April 2018.

BORGUINI, R. G.; MATTOS, F. L. Análise do Consumo de Alimentos Orgânicos no Brasil. In: *Anais do XL Congresso Brasileiro de Economia e Sociologia Rural*, 2002; 28 – 31 julho; Passo Fundo; Brasília: SOBER, 2002.

BRANDÃO, A. S.; GONÇALVES, R. G. M.; CASTRO, T. A. V. T.; SILVA, D. G.; BERBARA, R. L. L.; LEAL, M. A. A.. Desempenho de substratos alternativos na produção de mudas de hortaliças. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.11, n.7, p.64-73, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.007.0006>

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes minerais, orgânicos, organominerais e corretivos. 220 p.

CALZADILLA, A .; REHDANZ, K .; TOL, RSJ O impacto econômico do uso mais sustentável da água na agricultura: uma análise de equilíbrio geral computável. **Journal of Hydrology** , Amsterdã, v.384, p.292-305, 2010.

CARDOSO FL; ANDRIOLO JL; DAL PICIO M; PICCIN M; SOUZA JM. 2015. Nitrogen on growth and yield of lettuce plants grown under root confinement. *Horticultura Brasileira* 33: 422-427.

CARVALHO, D.F.; SILVA, L.D.B.; FOLEGATTI, M.V.; COSTA, J.R.; CRUZ, F.A. Avaliação da evapotranspiração de referência na região de Seropédica – RJ, utilizando lisímetro de pesagem. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*. Porto Alegre, v.14, n.2, p.1-9, 2006.

CASSETARI, L. S.; GOMES, M. S.; SANTOS, D. C.; SANTIAGO, W. D.; ANDRADE, J.; GUIMARÃES, A. C.; SOUZA, J. A.; CARDOSO, M. G.; MALUF, W. R.; GOMES, L. A. β Carotene and chlorophyll levels in cultivars and breeding lines of lettuce. *Acta Horticulturae*, n. 1083, p. 469-473, 2015.

CERMEÑO, S. Z. Estufa, instalação e manejo. Lisboa. Litexa Editora, 1990. 355p.

CONNOR, D. J.; LOOMIS, R. S.; CASSMAN, K. G. Crop ecology: productivity and management in agricultural systems. Cambridge University Press, 2011.

COSTA, L. A. M. ; COSTA, M. S. S. M. ; PEREIRA, D. C. ; BERNARDI, F. H. ; MACCARI, S. Avaliação de substratos para a produção de mudas de tomate e pepino. Rev. Ceres, Viçosa, v. 60, n.5, p. 675-682, set/out, 2013.

COTTA, J. A. O.; CARVALHO, N. L. C.; BRUM, T. S.; RESENDE, M. O. O. Compostagem versus vermicompostagem: comparação das técnicas utilizando resíduos vegetais, esterco bovino e serragem. Eng Sanit Ambient | v.20 n.1 | jan/mar 2015 | 65-78

DE SOUSA VAZ, A. F., MARTELLETO, L. A. P., DE SOUSA ANTUNES, L. F., ROSA, R. C. C., DE ANDRADE, G. S., & DE CARVALHO, D. F. (2022). Desempenho produtivo e qualidade dos frutos do maracujazeiro cultivado em manejo orgânico sob mulching e sistema automatizado de irrigação. *Research, Society and Development*, 11(10)

DIAS, G. C. de O.; MEDICI, L. O.; VASCONCELLOS, M. A. S.; CARVALHO, D. F.; PIMENTEL, C. Papaya seedlings growth using a low-cost, automatic watering controller. Revista Brasileira Fruticultura, Jaboticabal, v. 35, n. 2, p. 527-535, 2013.

DIAS, R. H. Desempenho de cultivares de alface em sistema semihidropônico fertirrigadas com soluções nutritivas salinizadas. 2019. 23 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Departamento de Ciências Agrônômicas e Florestais, Universidade Federal Rural do SemiÁrido, Mossoró, 2019.

DÖBEREINER, J. ‘Azobacter Papali’ sp. Uma bactéria fixadora de nitrogênio na rizosfera de paspalum. Revista de Pesquisa em Agropecuária, n. 1, p. 357-365. Brasil: EMBRAPA, 1966.

DÖBEREINER, J. 1997. Biological nitrogen fixation in the tropics: Social and economic contributions. Soil Biol. Biochem. 29: 771-774.

ELAKOVICH, S.D. Biossays applied to allelopathic herbaceous vascular hydrophytes. In INDERJIT; DAKSHINI, K.M.M. & FOY, C.L. (Eds.) Principles and practices in plant ecology. Boca Raton, CRC Press, 1999. p.45-56.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Centro

Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análise de solo. 2ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997. 212p

ESPINOSA, R. Z. ; LIBÓRIO, F. H. M.; SILVA, L. I.; ZONETTI, P. C.; MANNIGEL, A. R.; FELIPE, D. F.; GONÇALVES-ZULIANI, A. M. O.; BIDO, G. S. Atividade alelopática de extrato aquoso de Eucalyptus grandis Hill ex Maiden sobre alface (Lactuca sativa L.) e PICAPO-PRATO (Bidens pilosa L.). Revista Valore, Volta Redonda, 4 (Edição Especial): 1-14., 2019.

FAO. Agricultura Irrigada Sustentável no Brasil: Identificação de áreas prioritárias. 1. ed. Brasília/DF: [s.n.] .2017.

FARIAS, C.B.M.; Krause, B.R.; Domingues, S.C.O.; Ramos, L.P.N.; Yamashita,O.M.; Karsburg, I.V. EFEITO ALELOPÁTICO DE EXTRATO AQUOSO DE Azadirachta indica

A. JUSS. NA GERMINAÇÃO DE PLANTAS TESTE. v. 7 n. 1 (2020): Edição: jan/abr p. 142-154 ISSN: 2446-4821

FELIX, L. P. ; CONTREIRAS RODRIGUES, A. P. D. ; LAURA, V. A. ; YAMAMOTO, C. R. ; FREITAS, M. E. . Alelopatia de *Paspalum notatum* em *Brachiaria brizantha*. In: 2º Seminário Interno de Iniciação Científica da UNIDERP, 2007, Campo Grande/MS. 2º Seminário Interno de Iniciação Científica da UNIDERP, 2007. v. CD-ROM.

FERREIRA, A.G.; AQUILA, M.E.A. ALELOPATIA: UMA ÁREA EMERGENTE DA ECOFISIOLOGIA. R. Bras.Fisiol.Veg. 12(Edição Especial):175-204, 2000.

FERREIRA, T. C. P. V.; ARAUJO, A. V.; NASCIMENTOS, A. L.; CAVALCANTI, T. F. M.; SANTOS, L. D. T. Cobertura morta e adubação orgânica na produção de alface e supressão de plantas daninhas. Revista Ceres, Viçosa, v. 60, n. 4, p. 582-588, Ago. 2013.

Ferreira DF. 2019. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. Rev Bras Biom. 37 (4):529–535. doi:10.28951/rbb.v37i4.450.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2ª ed., UFV, 2003.

FILGUEIRA FAR. 2008. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV.

FILHO, G.J.; RESENDE, A.M.; FERREIRA, I.;MARTINS,S.I.;PIVA,T.H. desempenho agrônômico de alface orgânica em função da cobertura do solo. Agroecossistemas, v. 12, n. 2, p. 51 – 68, 2020, ISSN online 2318-0188

FURINI, T ; FURINI, S.C.S ; BARROS, J.O.B; DOMINGUES, S.C.O; KARSBURG, I.V. ALELOPATIA E GENOTOXICIDADE DA ERVA DE SANTA MARIA SOBRE SEMENTES *Lactuca sativa* L. e RAÍZES *Allium cepa* L. v. 7 n. 2 (2020): Edição mai/ago, p. 105-116 ISSN: 2446-4821

FLORES, R. A.; ALMEIDA, T. B. F.; POLITI, L. S.; PRADO, R. M.; BARBOSA, J. C. Crescimento e desordem nutricional em pimenteira malagueta cultivada em soluções nutritivas suprimidas de Macronutrientes. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 7, n. q, p. 104-110, 2012.

GARCIA, L. L. C. Absorção de macro e micronutrientes e sintomas de carência de macronutrientes em alface (*Lactuca sativa* L.), cv. Brasil 48 e Clause's Aurélia.1982. 78 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1982.

GENTILE, M.A. D; MEDICI, L.O; SOUZA, E.F.F.S, CARVALHO, D.F. 2020. Cadernos de Agroecologia – ISSN 2236 -7934 - Anais do XI Congresso Brasileiro de Agroecologia, São Cristóvão, Sergipe – 15(2): 1-6

GENTILE, M. A. D. Utilização de aparas de grama como principal fonte de nutrientes no cultivo orgânico de pimentão e tomate em vasos e ambiente protegido. 2020. 72 f. Dissertação

(Mestrado em Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2020.

GIBSON, D.A. Grasses and grassland ecology. New York: Oxford University Press, 2009. 305 p.

GOMES, D. P.; DE CARVALHO, D. F.; PINTO, M. F.; VALENÇA, D. DA C.; MEDICI, L. O. Growth and production of tomato fertilized with ash and castor cake and under varying water depths, cultivated in organic potponics. *Acta Scientiarum - Agronomy*, v. 39, n. 2, p. 201–209, 2017.

GONÇALVES, F. V.; MEDICI, L. O.; ALMEIDA, W. S.; CARVALHO, D. F.; SANTOS, H. T.; GOMES, D. P. Irrigação no cultivo orgânico de alface utilizando Irrigás, tanque Classe A e um sistema automático de baixo custo. *Ciência Rural*, v. 44, n. 11, nov, 2014

GONÇALVES, V. D.; COELHO, M. F. B.; CAMILI, E. C. Bioensaios em sementes de *Lactuca sativa* L. com extrato de folhas de *Kielmeyera coriácea* Mart. & Zucc.. *Revista Internacional de Ciências*, v. 6, n. 2, p. 160-170, 2016.

GUEDES, R. A. A.; OLIVEIRA, F. A.; ALVES, R. C.; MEDEIROS, A. S.; GOMES, L. P. & COSTA, L. P. Estratégias de irrigação com água salina no tomateiro cereja em ambiente protegido. *R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental*, v. 19, n. 10, p. 913–919, 2015.

KANO C; CARDOSO AII; VILLAS BÔAS RL. 2010. Influencia de doses de potássio nos teores de macronutrientes em plantas e sementes de alface. *Horticultura Brasileira* 28: 287-291

KIEHL, E. J. Metodologia da compostagem e ação fertilizante do composto de resíduos domiciliares. ESALQ-USP, Piracicaba, 1979.

KIEHL, J. E. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492p.

KOETZ, M.; COELHO, G.; COSTA, C. C. C.; LIMA, E. P.; SOUZA, R. J.; Efeito de doses de potássio e da frequência de irrigação na produção de alface-americana em ambiente protegido. *Engenharia agrícola, Jaboticabal*, v. 26, n. 3, p. 730-737, 2006.

LEAL, M. A. A. Produção e eficiência agronômica de compostos obtidos com palhada de gramínea e leguminosa para o cultivo de hortaliças orgânicas. Tese (Doutorado em Agronomia, Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

LEAL, M. A. A.; CAETANO, L. C. S.; FERREIRA, J. M. Estufa de baixo custo: modelo PESAGRO-RIO. Niterói: PESAGRO Rio, 2006. 30p. (Informe Técnico, 33).

LEAL, M. A. A.; BALIEIRO, F. C.; INÁCIO, C. T.; CAMPOS, D. V. B.; GUERRA, J. G. M.; ZONTA, E.; FREIRE, L. R. Manual de calagem e adubação do Estado do Rio de Janeiro. Seropédica, RJ: Editora Universidade Rural, 2013. 430 p.

LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S.; NEVES, J. C. L.; MACHADO, P. L. O.; GALVÃO, J. C. C. 2003. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolo sob floresta e

sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 27: 821-832.

LIMA, A.A.; SILVA, D.V.; MAIA, A.G.; SILVA, I.H.L.; BEBER, P.M.; PRADO, R.M.; WADT, P.G.S. Determinação da matéria seca e dos teores de macronutrientes da grama batatais pelos métodos de secagem em forno de microondas e estufa. *Revista Científica Multidisciplinar do Centro Universitário da FEB*. v.7, n.2, novembro/2011.

LOBO, T.F.; FILHO, H.G.; BIUDES, E.P. Nitrogênio orgânico e químico na cultura da alface. *Colloquium Agrariae*, v. 16, n.4, Jul-Ago, 2020, p. 71-79

LONGHINI, K.L.; SANCHES, R.E.; MANNIGEL, A.R.; SOARES, E. Avaliação do reaproveitamento de resíduos vegetais na produção de alface, visando o aumento de atributos biométricos. *Revista brasileira de agroecologia*. VOL.14 nº 4. Ano 2019, p.121

LOPES, G. E. M.; VIEIRA, H. D.; JASMIM, J. M.; SHIMOYA, A.; MARCIANO, C. R. Casca do fruto da mamoneira como substrato para as plantas. *Rev. Ceres*, Viçosa, v. 58, n.3, p. 350-358, mai/jun, 2011.

LOVELLI, S.; PERNIOLA, M.; FERRARA, A.; TOMMASO, T.D. Yield response factor to water (ky) and water use efficiency of *Carthamus tinctorius* L. and *Solanum melongena* L. *Agricultural Water Management*, Oxford, v.92, n.1-2, p.73-80, 2007.

LUO, H. Y.; HE, J.; LEE, S. K. Interaction between potassium concentration and root-zone temperature on growth and photosynthesis of temperate lettuce grown in the tropics. *Journal of Plant Nutrition*, Philadelphia, v. 35, n. 7, p.1004-1021, 2012.

LORENZO, P.; SÁNCHEZ-GUERRERO, M. C.; MEDRANO, E.; GARCÍA, I. C.; GIMÉNEZ, M. External greenhouse mobile shading: effect on microclimate, water use efficiency and yield of a tomato crop grown under different salinity levels of the nutrient solution. *Acta Horticulturae*, v. 609, p. 181-186, 2003.

MACHADO, A. Q.; PASQUALOTTI, M; E.; FERRONATO, A.; CAVENAGHI, A. L. Efeito da cobertura morta sobre a produção de alface crespa, cultivar cinderela, em Várzea Grande-MT. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 26, n. 2, p.1029-1033, 2008.

MAHMOUD, A. G. E. et al. Pátio de Compostagem na Moradia e Campus da UNICAMP: exemplo de integração ciência/gestão pública. *Interagir: pensando a extensão*. Rio de Janeiro, v. 2, n. 12. ago./dez. 2007.

MAIA, H.M.C.; MARTINS, V.C.R.; BRASIL, T.B.; MARTINS, R.J.; ARAÚJO, K.S.; SOUZA, F.G.; SILVA, J.A.; CHAVES, J.S.; LEITE, A.F. Cultivo de rúcula (*Eruca sativa* L.) em ambiente protegido sob diferentes concentrações de solução nutritiva. *Rev. Agr. Acad.*, v. 5, n. 1, Jan/Fev (2022)

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638 p.

MAROUELLI, W. A; CALBO, A. G. Embrapa Hortaliças Brasília, DF - Manejo de Irrigação em Hortaliças com Sistema Irrigas. 2009.

MARTINS, RDCF, PÊGO, RG, CRUZ, ESD, ABREU, JFG, & CARVALHO, DFD (2021). Produção e qualidade de zínia em diferentes épocas de cultivo e níveis de irrigação. *ciência e agrotecnologia* , 45 .

MARTINAZZO, E. G.; ANESE, S.; WANDSCHEER, A. C. D.; PASTORINI, L. H. Efeito do Sombreamento sobre o Crescimento Inicial e Teor de Clorofila Foliar de *Eugenia uniflora* Linn (Pitanga) – Família Myrtaceae. *Revista Brasileira de Biociências*, v. 5, supl. 2, p. 162-164, 2007.

MEDICI, L.O.; ROCHA, H.S.; CARVALHO, D.F.; PIMENTEL. C.; AZEVEDO, R.A. Automatic controller to water plants. *Scientia Agricola*, v.67, n.6, p.727-730, 2010.

MELLO, G. A. B.; CARVALHO, D. F.; MEDICI, L. O.; SILVA, A. C.; GOMES, D. P.; PINTO, M. F. Organic cultivation of onion under castor cake fertilization and irrigation depths. *Acta Scientiarum - Agronomy*, v. 40, n. 1, p. 359–364, 2018.

MELÉM JR., N.J.; ALVES, R.M.M. ; GOES, A..C.P. Produção de alface em função da época de cultivo em Macapá/ AP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 39., 1999, Tubarão. Resumos... Tubarão: SOB, 1999

MORAIS, I. B., FERNANDES, C. M., DE CARVALHO, L. R., DE LIMA JUNIOR, A. F., MOREIRA, J. M., DA SILVA, A. P., ... & ROSA, J. Q. S. (2018). Desenvolvimento de mudas de alface em função de substratos alternativos. *PUBVET*, 12, 133.

MUELLER S; WAMSER AF; SUZUKI A; BECKER WF. 2013. Produtividade de tomate sob adubação orgânica e complementação com adubos minerais. *Horticultura Brasileira* 31:86-92.

NASCIMENTO, A.R.; MORGADO, C.M.A.; AGUIAR, F.C.O; LAGO, I.N.; MOURA, A.C. M; JUNIOR, L.C.C. Produção de variedades de alface destinadas ao processamento mínimo. *Sci. Elec. Arch.* Vol. 15 (1) January 2022.

NOGUEIRA FILHO, H.; SANTOS, O.; BORCIONI, E.; SINCHAK, S.; PUNTEL, R. Aquaponia: Interação entre alface hidropônica e criação super intensiva de Tilápias. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 21, n. 2, s/paginação, 2003.

OLIVEIRA, E. Q.; SOUZA, R. J.; CRUZ, M. C.; MARQUES, V. B.; FRANÇA, A. C. Produtividade de alface e rúcula, em sistema consorciado, sob adubação orgânica e mineral. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 28, n. 1, p.36-40, 2010

OLIVEIRA, D , DE JESUS. Aplicações de calcário e silicato no desenvolvimento de alface sob estresse causado por nematoide das galhas. Dissertação (mestrado acadêmico campus cascavel). Universidade estadual do Oeste do Paraná. Programa de pós graduação em Engenharia Agrícola, Cascavel, 2021. 61p

ORTEGA MC, MORENO MT, ORDOVAS J & AGUADO MT (1996) Behaviour of different horticultural species in phytotoxicity bioassays of bark substrates. *Scientia Horticulturae*, 66:125- 132.

OTTO, R.; VITTI, G. C.; LUZ, P. H. C. Manejo da adubação potássica na cultura da cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 34, n. 4, p.1137-1146, 2010.

PETRAZZINI, L. L.; SOUZA, G. A; RODAS, C. L.; EMRICH, E. B.; CARVALHO, J. G.; SOUZA, R. J. Deficiências de nutrientes em alface americana cultivada em hidroponia. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 32, n. 3, p.310-313, 2014.

PIZARRO, E.A. Potencial forrajero del género *Paspalum*. *Pasturas Tropicales*, v.22, n. 1, 2000.

QUEIROZ, A. A.; CRUVINEL, V. B.; FIGUEIREDO, K. M. E. Produção de alface americana em função da fertilização com organomineral. *ENCICLOPÉDIA BIOSFERA: Centro Científico Conhecer*, Goiânia, v. 14 n. 25, p.1053-1063, 2017.

RAIJ B Van; CANTARELLA H; QUAGGIO JA; FURLANI AMC. 1997. Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agronômico & Fundação IAC. 285p

ROCHA, M. A. V.; PURQUERIO, L. F. V. Produção de alface em função de diferentes coberturas de solo. *Horticultura Brasileira*, v. 27, n. 2, p.475- 479. 2009.

RODRIGUES, D. S.; NOMURA, E. S.; GARCIA, V. A. Coberturas de solo afetando a produção de alface em sistema orgânico. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 56, n. 3, p.332-335. 2009

ROSENBERG, N. J.; McKENNEY, M. S.; MARTIN, P. Evapotranspiration in a greenhouse-warmed world: a review and simulation. *Agricultural and Forest Meteorology*, Amsterdam, v.47, p. 303-320, 1989.

RICE, E.L. Allelopathy. 2nd ed., New York, Academic Press, 1984.

RIZVI, S.J.H. & RIZVI, V. Exploitation of allelochemicals in improving crop productivity. In: RIZVI, S.J.H. & RIZVI, H. (Eds.) *Allelopathy: Basic and applied aspects*. London, Chapman & Hall, 1992. p.443-472.

SALOMÃO, F. S. Avaliação da viabilidade econômica da implantação de uma usina de triagem e compostagem. Rio Claro-SP, 2009. 99f. Trabalho de conclusão de curso. Graduação em Engenharia Ambiental. Centro Universitário Estadual Paulista – UNESP, 2009.

SANTOS SS; ESPÍNDOLA JAA; GUERRA JGM; LEAL MAA; RIBEIRO RLD. 2012. Produção de cebola orgânica em função do uso de cobertura morta e torta de mamona. *Horticultura Brasileira* 30: 549-552

SEGATTO, C. et al. Relação da leitura do clorofilômetro com o rendimento da cultura do milho em diferentes níveis de suprimento de nitrogênio *Sci. Agrar*. V 16, n.2, abr./jun., p. 253-259, 2017.

SEGINER I; BLEYAERT P; BREUGELMANS M. 2004. Modelagem de alterações ontogenéticas do teor de nitrogênio e água em alface. *Anais de Botânica* 94: 393-404.

SILVA, E.S.; SANTOS, C.A.; DIAS, K.S.; SOUZA, M.A.; DOS SANTOS, A.F.; JÚNIOR, J. M. S. Cenário das pesquisas sobre alelopatia no Brasil e seu potencial como estratégia na diminuição da utilização de pesticidas que provocam poluição ambiental: uma revisão integrativa. *Diversitas Journal*, v.3. n.2, p.442- 454. 2018.

SILVA, D. M. R.; SILVA, C. H.; SANTOS, J. C. C.; COSTA, R.N.; SILVA, L. K. S.; SANTOS, S. A. Evapotranspiração da cultura da alface: uma resposta à aplicação de diferentes lâminas de Agroecossistemas, v. 12, n. 2, p. 51 – 68, 2020, ISSN online 2318-0188 água. *Scientific Electronic Archives*, v. 12, n. 4, p.34-37, 2019

SILVA, T. M. M., COSTA, B. R. S., OLDONI, H., SALVIANO, A. M., & BASSOI, L. H. (2019). Estimativa de teores foliares de clorofila em vinhedo por meio de clorofilômetro portátil. In *Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE INSTRUMENTAÇÃO AGROPECUÁRIA, 4., 2019, São Carlos, SP. Ciência, inovação e mercado: anais. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação, 2019

SIMÕES AC; ALVES GKEB; FERREIRA RLF; ARAUJO NETO SE. 2015. Qualidade da muda e produtividade de alface orgânica com condicionadores de substrato. *Horticultura Brasileira* 33: 521-526. DOI - <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620150000400019>

SOARES, C.S.; SILVA, J.A.; SILVA, G.N.; NETO, J.F.B. Avaliação da alface em duas épocas de semeio em sistema hidropônico. *Journal of Biology & Pharmacy Agricultural Management*, v. 16, n. 1, jan/mar 2020.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. 2004. Manual de Adubação e Calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. 10 ed. Porto Alegre: Núcleo regional Sul; Comissão de Química e Fertilidade do Solo RS/SC. 394p.

SOUSA, W. L., DA CRUZ, E. S., MEDICI, L. O., SALVADOR, C. A., & DE CARVALHO, D. F. (2020). Avaliação de um acionador automático para irrigação em substratos agrícolas com diferentes características de retenção de água. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, 3(4), 3944-3956.

SOUZA, I.F.; FURTADO, D.A.S. Caracterização de aleloquímicos do centeio (*Secale cereale*) e seu potencial alelopático sobre plantas de alface (*Lactuca sativa*). *Ciência e Agrotecnologia*, v.26, n.5, p.1097-1099, 2002.

SOUZA, E. F. F. S. Cultivo do tomate cereja utilizando biomassa vegetal não compostada de grama batatais e água residuária de bovinocultura de leite. 2020. 43p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola e Ambiental). Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2020.

SOUZA, E.F.F. MEDICI, L.O., GENTILE, M.A.D., HASSANPOURAGHDAM, M.B., CARVALHO, D.F., & SILVA, L.D.B. (2021). Aparas de capim (*paspalum notatum*), com e sem efluentes bovinos, favoreceram a produção de tomate cereja orgânico em vasos. *Agricultura Biológica e Horticultura*, 38 (1), 29-39.

SOUZA, S.V; ALMEIDA, M.G; OLIVEIRA, L.E.N; SABBAG, O. J. Análise do crescimento de alface sob diferentes sistemas de cultivo. Agricultura Familiar: Pesquisa, Formação e Desenvolvimento • Belém • v.14, nº2 • p. 107-120 • jul-dez 2020

SCHMITZ JAK, SOUZA PVD & KÄMPF NA (2002) Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas de recipiente. Ciência Rural, 32:937-944.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. (2009) – Fisiologia vegetal. Artmed, Porto Alegre. 820 p.

TAIZ, L.; et al. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 858 p, 2017.

TELES, G. C. Avaliação fisiológica e crescimento de pimenta-do-reino (*Piper nigrum* l.) com diferentes lâminas de irrigação. 2020. 67p Dissertação (Mestrado em Agronomia, Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2020.

TERRA, S.B.; MARTINS, S.R.; FERNANDES, H.S.; DUARTE, G.B. Exportação de macronutrientes em alface cultivada no outono-inverno e na primavera com adubação orgânica em ambiente protegido. Horticultura Brasileira, Brasília, v.19, supl. julho, 2001. CD-ROM.

TERRON PU. 1992. Tratado de fitotecnia general. 2ed. Madrid. 895p.

ZERA, F.S.; BETTIOL, J.V.T.; de BARROS SANT'ANNA, C. Efeito alelopático de capim-camalote no desenvolvimento inicial de alface e capim-colonião. Nucleus, v.16, n.1, p. 147-154. 2019.

YAKUWA, T. K. M. BIOCARVÃO, BIOMASSA E COMPOSTO DO SUBPRODUTO DA INDÚSTRIA CÍTRICA NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS E BIOLÓGICOS DO SOLO E NO CRESCIMENTO DE ALFACE. Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Agrônômia(PPGA), Campus Universitáriode Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2021. 63f

YATES NL & ROGERS MN (1981) Effect of time, temperature, and nitrogen source on the composting of hardwood bark for use as a plant growing medium. Journal of the American Society for Horticultural Science, 106:589-593.

VALENÇA, D.C. (2016). Monitoramento da umidade do solo na produção de alface utilizando o acionador simplificado de irrigação com diferentes vazões. *Anais da Semana Científica Johanna Döbereiner*.

VALENÇA, D.C.; CARVALHO, D.F.; REINERT, F.; AZEVEDO, R.A.; PINHO, C.F.; MEDICI, L.O. Automatically controlled deficit irrigation of lettuce in “organic potponics”. Sci. Agric. v.75, n.1, p.52-59, January/February 2017.

7 APÊNDICES

Produzir mudas é uma etapa de grande importância para a produção agrícola, com influência direta para um bom desenvolvimento das lavouras. Sabe-se que esta etapa requer um grande investimento do produtor através da aquisição de sementes, substratos e mão de obra. Com o passar dos anos estudos vem sendo realizados no intuito de reduzir os gastos de produção, e mais do que isso tornar essa fase mais sustentável com menos danos ao meio ambiente.

A produção de mudas orgânicas tem crescido muito, e resulta em produtos de qualidade de forma mais barata. O sistema de verdeponia consiste basicamente na utilização de aparas de grama como substrato e fonte principal ou única de nutrientes para as plantas. Este sistema tem apresentado resultados promissores para hortaliças como tomate e pimentão avaliando-se a produção comercial, apresentaram resultados satisfatórios. Com isso, incluir a verdeponia para produção de mudas pode aumentar o leque de utilização desse sistema, reduzindo-se os custos de produção e impulsionando o cultivo orgânico.

Por se tratar de uma metodologia nova, foram realizados pilotos para aprimoramento da técnica de verdeponia antes e durante os experimentos definitivos serem implantados, foram realizados testes tanto em vasos para acompanhamento do desenvolvimento produtivo, como também em relação a produção de mudas, que é uma vertente nova do método e permite respostas mais rápidas em relação a eficiência do sistema. Para isso, além das aparas de grama batatais, também foram feitos testes com outras biomassas vegetais como outras gramíneas e algumas leguminosas. Além da cultura da alface, também foram feitos pilotos de produção de mudas com a cultura do tomate cereja e também com pimentão que são espécies que já possuem trabalhos com verdeponia.

7.1 Pilotos para avaliação de emergência de sementes de alface

Em um primeiro piloto utilizando somente um mix de aparas de grama e plantas de folha larga picada como substrato em bandejas para produção de mudas, foi possível observar germinação satisfatória tanto para cultura da alface como também para a cultura do tomate cereja além de torrões firmes e homogêneos (Figura 1). Os resultados observados potencializam mais estudos utilizando essa técnica, pois, além de orgânica e de baixo custo é acessível.

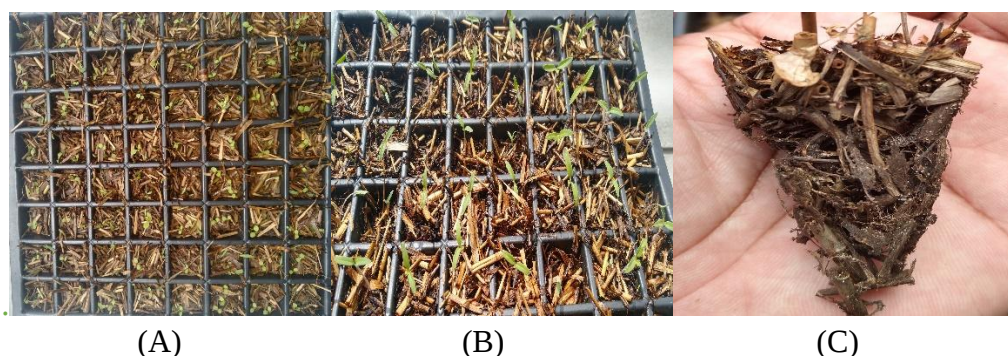


Figura 1. Bandejas com biomassa vegetal com mudas de alface (A), mudas de tomate (B), torrão (C).

Em um segundo teste piloto com dois tratamentos, sendo um deles utilizando como substrato aparas de grama e o outro substrato comercial para produção de mudas de alface, observou-se um resultado diferente, demonstrando uma menor eficiência na porcentagem de germinação das sementes no tratamento com aparas de grama em relação as que foram

semeadas em substrato comercial, sendo os valores de 50 % e 97 % respectivamente. Além da época, local e sementes usadas, também ocorreu mudança na metodologia entre os dois testes, esses fatores podem ter influenciado nos resultados observados.

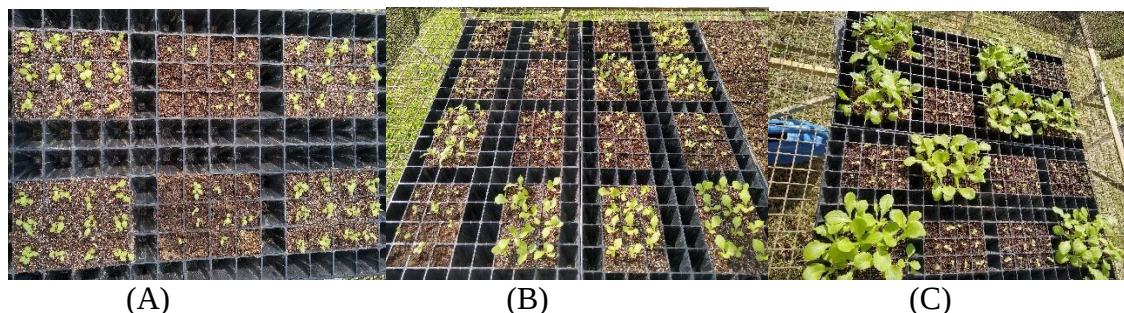


Figura 2. Avaliação da porcentagem de germinação e índice de velocidade de emergência para cultura da alface aos 5 (A) , 15 (B) E 25 (C) DAS (dias após a semeadura) utilizando dois substratos aparas de grama e substratos comercial.

Além da porcentagem de germinação, o índice de velocidade de emergência (IVE) também diferiu entre os tratamentos, observou-se que no tratamento com aparas de grama a emergência ocorreu de forma lenta e heterogeneia entre as células, sendo que no tratamento com substrato comercial essa emergência foi ao contrário, concentrou-se no 4º, 5º e 6º dias após a semeadura e observou-se uma homogeneidade entre as plântulas.

Em um terceiro piloto, foram testadas seis composições de substratos para produção de mudas de alface em bandejas de 200 células. Sendo eles: T1- Substrato comercial (exclusivamente com substrato comercial); T2-Substrato comercial + Areia (tratamento composto por uma camada de substrato comercial e sobre as sementes uma camada de areia lavada) ; T3- Aparas de grama (exclusivamente composto por aparas de grama não-compostada) ; T4- Aparas de grama + Areia (composto por uma camada de aparas de grama e sobre as sementes uma camada de areia lavada) ; T5-Aparas de grama picada (tratamento composto unicamente por aparas de grama não-compostada picada) ; T6- Aparas de grama picada + Areia (tratamento composto por uma camada de aparas de grama picada e sobre as sementes uma camada de areia lavada).

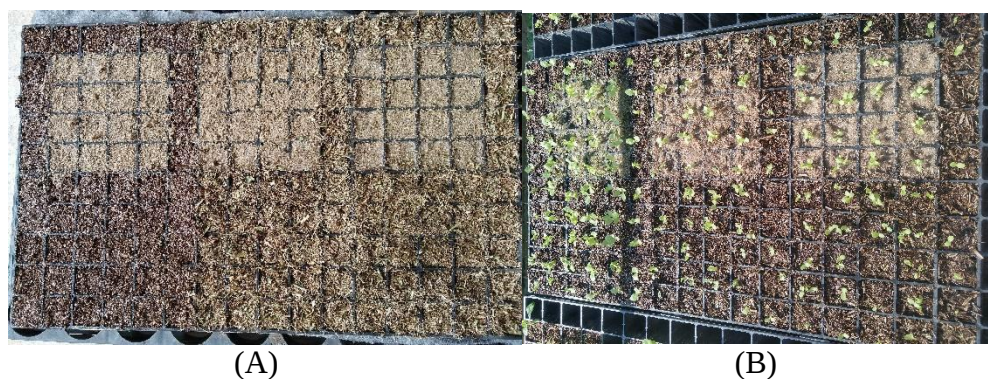


Figura 3. Piloto com 6 diferentes composições de substratos no momento da semeadura (A) e depois de uma semana (B) para produção de mudas de alface, sendo T1, T3 e T5 (parte de baixo) e T2 , T4 E T6 (parte de cima).

Para o tratamento somente com substrato comercial, observou-se uma porcentagem de germinação de 100 % e um IVE de 11,4 após 9 dias de semeadura. Em relação ao tratamento desse mesmo substrato com uma camada de areia durante o mesmo período foi de 95,83 % e 11,23 respectivamente, demonstrando a alta qualidade do material e também uma certa

limitação que a camada de areia representa para a germinação em relação ao substrato comercial puro.

Entre os tratamentos utilizando aparas de grama como substrato foram observados resultados bem semelhantes, tanto em relação a porcentagem de germinação quanto ao IVE. No T3 tendo como substrato exclusivamente aparas de grama observou-se 77,08 % e 8,04 e no T4 que além das aparas de grama também possuiu uma camada de areia lavada, observou-se 83,33% e 9,63 de taxa de germinação e IVE respectivamente, ambos os tratamentos aos 9 dias após a semeadura. Cultivando alface cultivar Lucy Brown MORAES et al., (2018) obteve uma variação de 44,37 a 96,87 % de emergência utilizando diferentes substratos orgânicos.

Apesar de pouca, percebe-se uma tendência de a presença de areia facilitar a emergência das plantas nos tratamentos com aparas de grama, refletindo em melhores resultados. Isso pode ser um indicativo de que pedaços de aparas podem estar funcionando como barreira para emergência dessas plântulas e ao mesmo tempo sinaliza que as aparas de grama avaliada não apresenta compostos que possam comprometer a emergência de plantas de alface.

Os tratamentos em que as aparas de grama foram picadas também apresentaram resultados semelhantes, sendo que no T5 composto unicamente com aparas de grama não compostada como substrato observou-se 79,16% de porcentagem de germinação e IVE de 9,21 e no T6 que apresentava em sua composição uma camada de areia lavada, os resultados observados foram de 89,58 % e 9,78 respectivamente. Novamente indicando que areia pode facilitar a emergência e o IVE para o sistema de verdeponia. Esses resultados demonstram a necessidade de realização de novos testes para que se possa ter uma garantia plena de que as aparas de grama não compostada funcionam efetivamente para a produção de mudas.

Apesar da similaridade dos resultados entre os diferentes tratamentos, é importante destacar que após esse período de avaliação observou-se uma estagnação no desenvolvimento das mudas crescidas sob aparas de grama quando comparadas as que foram semeadas no substrato comercial, tanto nas produzidas exclusivamente com aparas de grama quanto nos tratamentos em que se utilizou uma camada superficial de areia lavada, isso pode ser reflexo do excesso de ar dentro das células das bandejas.

Uma outra possibilidade é que essa estagnação também possa ser algum efeito alelopáticos que as aparas de grama podem exercer sobre a cultura da alface, o que não foi observado até então com as culturas do tomate e do pimentão SOUZA et al., (2021: GENTILE et al., 2020). Nesse sentido, se esse efeito se confirmar pode-se usar uma nova fonte de aparas de grama como substrato. Por isso, mais testes utilizando outras fontes de biomassa vegetal serão realizados e também será feita compactação dessa aparas de grama nas células das bandejas.

7.2 Piloto cultivo de alface em vasos em sistema de verdeponia

Buscando avaliar a fase de produção da cultura da alface no sistema de verdeponia, foi realizado um piloto utilizando aparas de grama batatais como substrato sob duas situações, sendo a presença e ausência de um núcleo de solo no interior dos vasos.

No primeiro caso, os vasos foram preenchidos inicialmente com aparas de grama e na parte central do mesmo, onde as mudas foram transplantadas foi adicionado um núcleo de solo para uma maior adaptação e aclimação das mudas. Na segunda situação os vasos foram preenchidos somente com aparas de grama sem a presença desse núcleo de solo. Posteriormente todos os vasos receberam uma camada superficial com areia lavada para manutenção de umidade e compactação do material (Figura 4).



Figura 4. Piloto de vasos em sistema de verdeponia com presença e ausência de núcleo de solo (A), vasos após adição da camada superficial de areia lavada (B).

Após o transplântio, observou-se uma evolução lenta das mudas em ambos os tratamentos, não foi realizado nenhuma adubação complementar, sendo as aparas de grama não-compostada a única fonte de nutrientes. Foi realizada uma leve compactação manual semanalmente nos vasos, no intuito de reduzir aeração e compactar o material.



Figura 5. Cultivo de alface em verdeponia aos 27 (A) , 35 (B) e 45 (C) DAT (dias após o transplântio)

Ao longo do ciclo, percebeu-se que a presença ou ausência do núcleo de solo na área central dos vasos para a cultura da alface, apresentou pouca influência no seu pegamento e crescimento, tendo as mudas sob as duas condições de cultivo apresentado resultados visivelmente semelhantes (Figura 5), indicando que as aparas de grama como substrato por si só, já possibilita condições satisfatórias para as mudas, sem necessidade por tanto de um núcleo de solo para facilitar a aclimação dessas mudas.

Entre os indicativos que o presente piloto traz, também pode-se citar que foi observado o prolongamento do ciclo da cultura da alface, visto que a cultivar utilizada é considerada precoce com ciclo total estimado de 56 dias, sendo observado neste ensaio duração superior. Entre as justificativas para esse resultado pode-se sugerir que a compactação semanal não tenha sido eficiente e que possa requerer um intervalo menor de realização.

Uma outra possibilidade é que por se trata de uma cultura de ciclo curto, os nutrientes oriundos da decomposição da matéria orgânica possam ainda não estarem plenamente disponível as plantas, vistos que os trabalhos anteriormente realizados no sistema de verdeponia foram realizados com culturas de ciclos mais longos, em que se teve um maior período para mineralização dos nutrientes.

Diferente do que foi observado nos trabalhos anteriores utilizando verdeponia como metodologia, o presente trabalho trouxe como principal novidade a estagnação por um determinado período do desenvolvimento das plantas, essa situação levantou algumas novas hipóteses em relação ao sistema e novos pilotos se fizeram necessários, especialmente em

relação a produção de mudas, devido a rapidez das respostas. Com isso foram montados novos pilotos para auxiliar na elucidação dessas dúvidas.

Considerando que o período de produção de mudas é inferior ao ciclo produtivo da alface e essa condição poderia não permitir que as aparas de grama fossem capazes de disponibilizar as plantas a quantidade de nutrientes suficientes, montou-se um piloto para a cultura com quatro tratamentos, sendo eles: T1 bandejas com substrato comercial (SC), T2 Aparas de grama (AG), T3 Aparas de grama enriquecida com cama de frango (AGC), T4 Aparas de grama enriquecida com adubo foliar (AGF).

A semeadura foi realizada simultaneamente para todos os tratamentos, ambos com seis repetições, foram avaliadas a emergência de plântulas bem como IVE das mesmas.

Em relação ao percentual de emergência constatou-se uma semelhança entre os tratamentos sendo que para todos essa porcentagem foi superior a 78,0 %. O substrato que apresentou a maior porcentagem foi T2 que se utilizou unicamente aparas de grama não compostada atingindo o valor de 93,0 %. Esse resultado foi superior ao encontrado com SC que registrou 88,0 % seguido por T3 e T4 que apresentaram a mesma porcentagem que foi de 79,0 % de emergência (Figura 6).

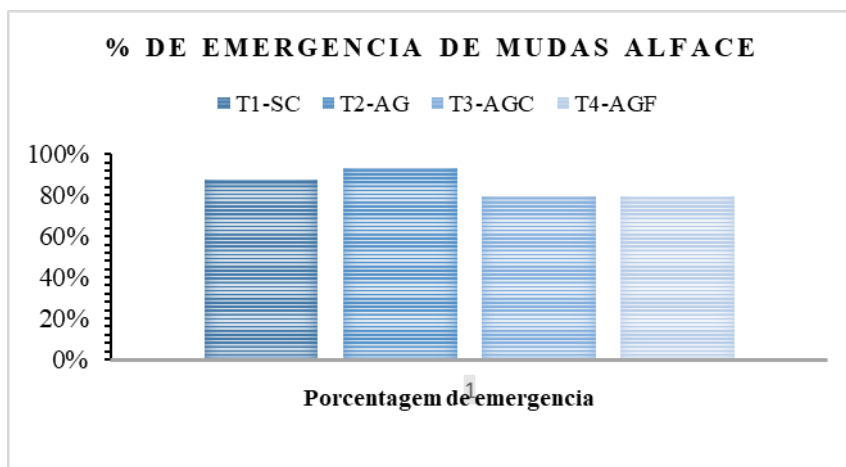


Figura 6. Representação da porcentagem de emergência de alface observada nos diferentes tratamentos para a cultura da alface sendo T1- SC, T2 AG, T3 AGC e T4 AGF.

Em relação ao IVE também se observou uma proximidade entre os valores encontrados, sendo que entre as mudas semeadas em T1 com SC e mudas semeadas em T2 com AG essa aproximação foi maior sendo respectivamente 13,64 e 13,42. O menor IVE foi observado no tratamento T3 com AGC que atingiu o valor de 10,74, enquanto o tratamento T4 com AGF atingiu o valor de 11,40 (Figura 7).

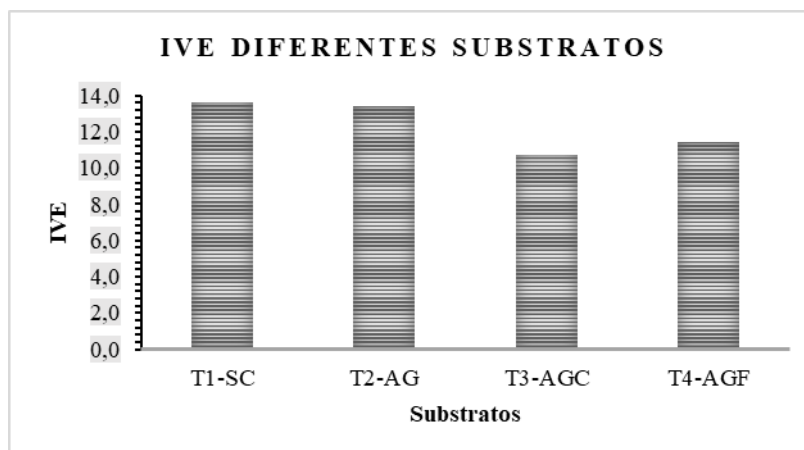


Figura 7. Representação índice de emergência de alface observada nos diferentes tratamentos com a cultura da alface.

Esses resultados demonstram de certa forma que a estagnação encontrada pode não ser reflexo de uma provável ausência de nutrientes uma vez que as mudas que foram semeadas em bandejas contendo somente aparas de grama não compostada resultaram em maior porcentagem de emergência e também de IVE, isso é bastante relevante quando se compara esses resultados com os demais tratamentos, visto que os mesmos apresentam uma maior concentração nutricional e apesar disso demonstraram desempenhos inferiores.

Uma outra hipótese testada foi a diversificação de biomassa vegetal não compostada, para isso pensou-se em utilizar outras diferentes espécies como substrato entre elas gramíneas e leguminosas, além de substrato comercial. Um dos principais questionamentos era saber se essas outras espécies também causariam estagnação no desenvolvimento das mudas de alface. Entre as espécies escolhidas estão o Grama batatais (*Paspalum notatum*) que vem sendo utilizado, e gramíneas como *Brachiaria*, capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schum) e capim roxo. Além de leguminosas como Amendoim forrageiro (*Arachis pintoi*), Gliricidia (*Gliricidia sepium*) e margaridão (*Tithonia diversifolia*).

Todo o material foi coletado no campus da UFRRJ em Seropédica, sendo posteriormente seco ao sol por quatro dias e na sequência picados com tesoura de ponta. Foram oito substratos utilizados sendo quatro gramíneas, três leguminosas e um tratamento com substrato comercial todos com três repetições. As bandejas foram preenchidas e em todos os tratamentos foi adicionada uma camada superficial de areia lavada, sendo avaliado porcentagem de emergência e IVE.

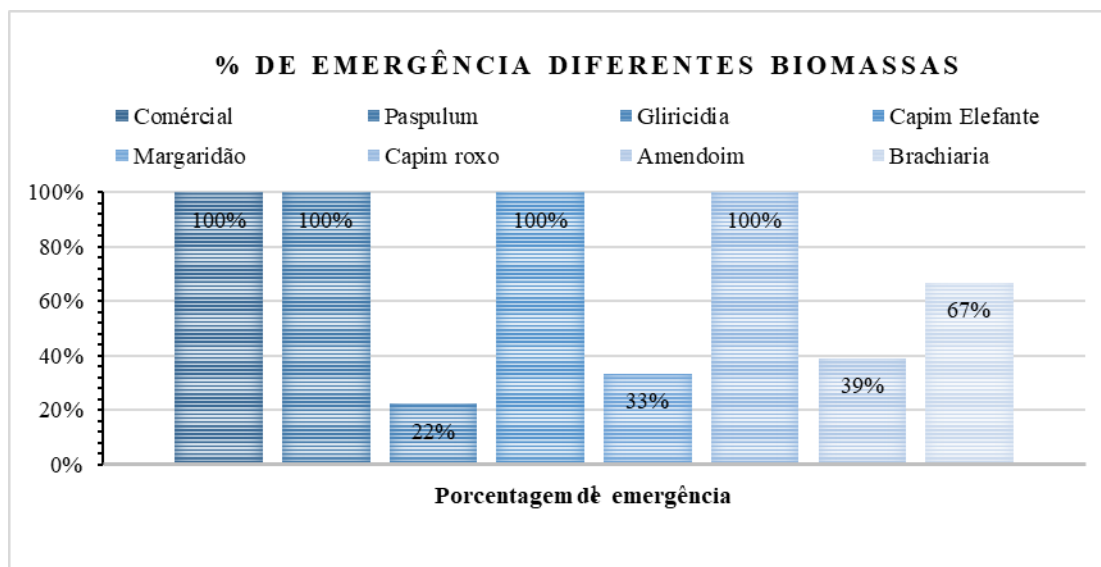


Figura 8. Taxa de emergência para mudas de Alface semeadas em oito diferentes substratos.

Os resultados observados neste piloto demonstram melhores resultados de emergência nas mudas que tiveram gramíneas como substratos (Figura 8), sendo que os tratamentos com grama batatais, capim roxo e capim elefante obtiveram 100 % de emergência até o quinto dia após a semeadura semelhante ao tratamento com substrato comercial, diferente destes o tratamento com Brachiaria obteve uma taxa de 67 % sendo o menos eficiente entre as gramíneas.

Os tratamentos em que se usou leguminosas como substratos apresentaram resultados diferentes e inferiores, nenhum deles atingiu taxa de emergência superior a 40 %, os resultados foram de 22 %, 33 % e 39% para gliricidia, margaridão e amendoim forrageiro respectivamente. Além disso esses tratamentos também precisaram de um tempo maior para emergência ficando concentrada entre o sétimo e oitavo dia após a semeadura.

Esses resultados sinalizam para a possibilidade de se realizar um período maior de secagem da biomassa vegetal utilizada ou mesmo um período de incubação das bandejas preenchidas antes de realização da semeadura. Além disso, uma outra possibilidade a ser testada é a realização de uma mistura dessa fonte de biomassa com areia ou solo para redução desse provável efeito alelopático.

Em relação ao IVE os resultados foram semelhantes. Os tratamentos com gramínea apresentaram valores superiores a 4, sendo grama batatais 4,27, capim elefante 4,25 e capim roxo 4,18, exceto o tratamento com brachiaria que apresentou 2,85. Em relação aos tratamentos com leguminosas esses valores foram bem inferiores, atingindo 0,55 gliricidia, 0,88 para margaridão e de 1,25 para Amendoim forrageiro (Figura 9).

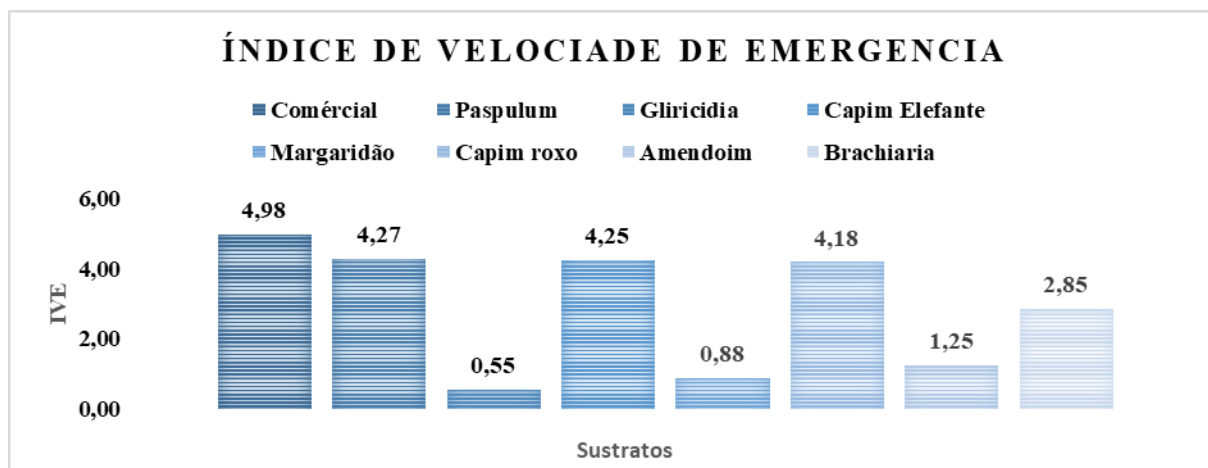


Figura 9. Índice de velocidade de emergência para mudas de Alface semeadas em diferentes biomassas como substratos.

De acordo com os resultados encontrados até então e com a permanência de estagnação nas mudas, resolveu-se testar se esse fenômeno também aconteceria para as culturas do tomate cereja e pimentão, espécies testadas anteriormente no cultivo em vaso em que não se tinha verificado essa situação. Para isso, foi montado um novo piloto com nove tratamentos, sendo três para cada cultura e tendo três repetições. Os tratamentos para alface foram substrato comercial (SC), o segundo com camada de aparas de grama não compostada, mais uma camada superficial de areia lavada (AG) e o terceiro tratamento foi camada de leguminosa, mais camada superficial de areia lavada (AL).

Os tratamentos de tomate cereja foram nesta mesma linha sendo um tratamento com substrato comercial (SC), um segundo com camada de Aparas de grama não compostada, mais uma camada superficial de areia lavada (AG) e o terceiro tratamento foi camada de leguminosa, mais camada superficial de areia lavada (AL) e para o pimentão os tratamentos foram um com substrato comercial (SC), um segundo com camada de aparas de grama não compostada, mais uma camada superficial de areia lavada (AG) e o terceiro tratamento foi camada de leguminosa, mais camada superficial de areia lavada (AL).

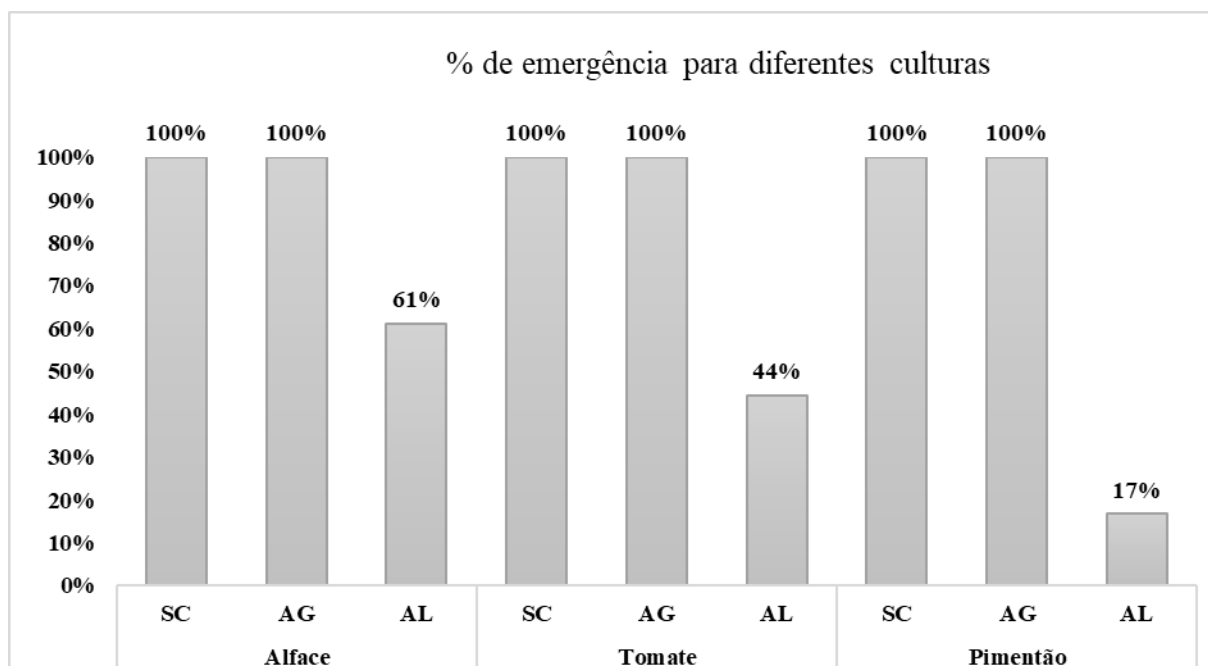


Figura 10. Porcentagem de emergência para Alface, Tomate cereja e Pimentão em sistema de verdeponia para diferentes substratos.

Em relação a porcentagem de emergência os tratamentos com substrato comercial e com aparas de grama mais areia apresentaram 100 % de emergência para as três culturas (Figura 10). Sendo que a mesma ocorreu em períodos diferentes de acordo com as características de cada espécie. Para Alface ficou concentrada entre o quarto e sétimo dia após a semeadura, no caso do tomate concentrou-se entre o quinto e oitavo dia, e para o pimentão foi mais tardia e ficou entre o nono e decimo terceiro dia após a semeadura.

Em relação aos tratamentos com leguminosas percebeu-se valores inferiores para as três espécies, sendo que para Alface observou-se melhor valor 61 %. Para tomate a taxa de emergência ficou em 44 % e no caso da cultura do pimentão ficou em 17 % (Figura 10). Esses resultados constataam o grande potencial apresentado pelas gramíneas e ao mesmo tempo sinalizam que a alta concentração nutricional das leguminosas especialmente em relação a N podem estar exercendo efeito inibitório para emergência das sementes. Sinalizando que no caso da utilização de leguminosas como substrato talvez seja necessário incubar esse material antes da realização da semeadura já que nesses testes sem a pratica dessa metodologia a germinação foi mais tardia.

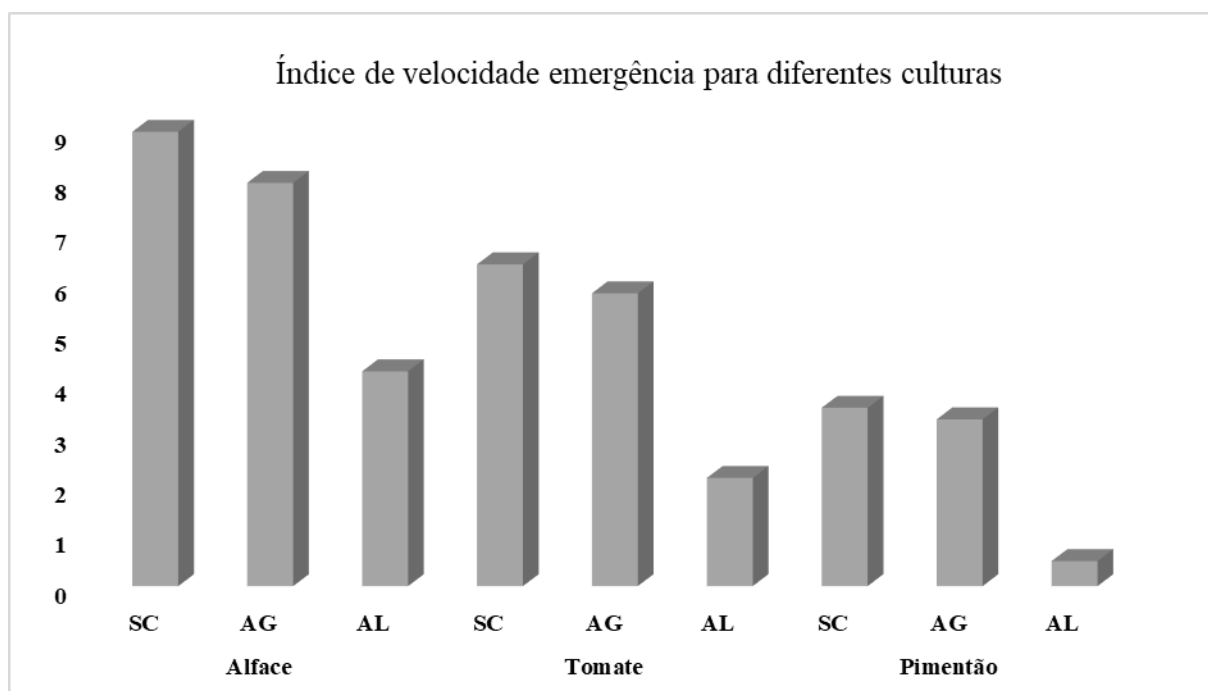


Figura 11. Representação de IVE após 30 dias para diferentes espécies no sistema de verdeponia.

Em relação ao IVE mudas semeadas em SC e AG não composta mais camada superficial com areia apresentaram melhores resultados respectivamente para as três espécies testadas. Sendo este índice atingindo valores maiores nos tratamentos com Alface com 9 para SC e 8 para AG. Para tomate os valores foram de 6 tanto para SC quanto para AG e para o pimentão ficou em 4 para SC e de 3 para AG. Os tratamentos com leguminosas apresentaram resultados bem inferiores tento no alface apresentado maior IVE atingindo 4, seguido pela cultura do tomate com 2 e do pimentão com 0,5.