

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE, PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS – AGRONOMIA

ALFACE CULTIVADA EM SISTEMA AQUAPÔNICO SOB
DIFERENTES POPULAÇÕES DE PEIXES E VOLUMES DE
MATERIAL FILTRANTE

Autor: Jacyr Lora
Orientador: Prof. Dr. Leonardo Nazário Silva dos Santos
Co-orientador: Dr. Adinan Alves da Silva

Rio Verde – GO
Março, 2022

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
GOIANO – CAMPUS RIO VERDE, PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS - AGRONOMIA

ALFACE CULTIVADA EM SISTEMA AQUAPÔNICO SOB
DIFERENTES POPULAÇÕES DE PEIXES E VOLUMES DE
MATERIAL FILTRANTE

Autor: Jacyr Lora
Orientador: Prof. Dr. Leonardo Nazário Silva dos Santos
Coorientador: Dr. Adinan Alves da Silva

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS - AGRONOMIA no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias - Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde – Área de concentração Produção Vegetal Sustentável no Cerrado.

Rio Verde – GO
Março, 2022

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano

Lora, Jacyr

L865a

Alface cultivada em sistema aquapônico sob diferentes populações de peixe e volumes de material filtrante / Jacyr Lora; orientador Dr. Leonardo Nazário Silva dos Santos; co-orientador Adinan Alves da Silva. -- Rio Verde, 2022.

95 p.

Dissertação (Mestrado em Programa de Pós-graduação em Ciências Agrárias) -- Instituto Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2022.

1.Lactuca sativa. 2.Oreochromis niloticus. 3. NFT. 4. Biofiltro. 5. Nutrição de plantas. I. Santos, Dr. Leonardo Nazário Silva dos, orient. II. Silva, Adinan Alves da, coorient. III. Título

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

- | | |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Tese (doutorado) | <input type="checkbox"/> Artigo científico |
| <input checked="" type="checkbox"/> Dissertação (mestrado) | <input type="checkbox"/> Capítulo de livro |
| <input type="checkbox"/> Monografia (especialização) | <input type="checkbox"/> Livro |
| <input type="checkbox"/> TCC (graduação) | <input type="checkbox"/> Trabalho apresentado em evento |

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Jacyr Lora

Matrícula:

2020102310140045

Título do trabalho:

Alface cultivada em sistema aquapônico sob diferentes populações de peixe e volumes de material filtrante

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: / /

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio Verde

Local

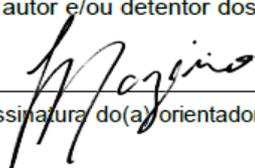
22 / 03 / 2022

Data

Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:

Assinatura do(a) orientador(a)





SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Documentos 35/2022 - NREPG-RV/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

ALFACE CULTIVADA EM SISTEMA AQUAPÔNICO SOB DIFERENTES POPULAÇÕES DE PEIXES E VOLUMES DE MATERIAL FILTRANTE

Autor: Jacyr Lora

Orientador: Dr. Leonardo Nazário Silva dos Santos

TITULAÇÃO: Mestre em Ciências Agrárias-Agronomia - Área de Concentração em Produção Vegetal Sustentável no Cerrado

APROVADA em, 04 de março de 2022.

Prof. Dr. Leonardo Nazário Silva dos Santos (Presidente)
Prof. Dr. Frederico Antônio Loureiro Soares (Avaliador interno)
Prof. Dr. Antônio Evami Cavalcante Sousa (Avaliador externo)
Prof. Dr. Marconi Batista Teixeira (Avaliador interno)

Documento assinado eletronicamente por:

- Antonio Evami Cavalcante Sousa, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 09/03/2022 15:08:37.
- Marconi Batista Teixeira, COORDENADOR DE CURSO - FUC0001 - CCMDAGRO-R, em 09/03/2022 14:46:20.
- Frederico Antonio Loureiro Soares, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 09/03/2022 14:21:25.
- Leonardo Nazario Silva dos Santos, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 09/03/2022 14:15:26.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 09/03/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 364868
Código de Autenticação: 93514520eb



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3620-5600



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO

Ata nº 22/2022 - NREPG-RV/CPG-RV/DPGPI-RV/CMPRV/IFGOIANO

ATA Nº/202 **BANCA EXAMINADORA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO**

Aos quatro dias do mês de março do ano de dois mil e vinte e dois, às 14:00h (catorze horas), reuniram-se os componentes da Banca Examinadora: Prof. Dr. Leonardo Nazário Silva dos Santos (Orientador), Prof. Dr. Frederico Antônio Loureiro Soares (Avaliador interno), Prof. Dr. Antônio Evami Cavalcante Sousa (Avaliador externo) e Prof. Dr. Marconi Batista Teixeira (Avaliador interno), sob a presidência do(a) primeiro(a), em sessão pública realizada por vídeo conferência do IF Goiano – Campus Rio Verde, para procederem a avaliação da defesa de Dissertação, em nível de mestrado, de autoria de **JACYR LORA** discente do Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia do Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. A sessão foi aberta pelo presidente da Banca Examinadora Prof. Dr. Leonardo Nazário Silva dos Santos, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida a (o) autor (a) da Dissertação para, em 40 min., proceder à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da banca arguiu o (a) examinado (a), tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se a avaliação da defesa. Tendo-se em vista as normas que regulamentam o Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia, e procedidas às correções recomendadas, a Dissertação foi APROVADA, considerando-se integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS-AGRONOMIA**, na área de concentração Produção Vegetal Sustentável no Cerrado, pelo Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega na secretaria do PPGCA-AGRO da versão definitiva da Dissertação, com as devidas correções. Assim sendo, esta ata perderá a validade se não cumprida essa condição, em até **60** (sessenta) dias da sua ocorrência. A Banca Examinadora recomendou a publicação dos artigos científicos oriundos dessa Dissertação em periódicos de circulação nacional e/ou internacional, após procedida as modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades da pauta, a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de Dissertação de Mestrado, e para constar, eu, Vanilda Maria Campos, secretaria do PPGCA-AGRO, lavrei a presente Ata, que, após lida e achada conforme, será assinada pelos membros da Banca Examinadora.

Prof. Dr. Leonardo Nazário Silva dos Santos (Presidente)

Prof. Dr. Frederico Antônio Loureiro Soares (Avaliador interno)

Prof. Dr. Antônio Evami Cavalcante Sousa (Avaliador externo)

Prof. Dr. Marconi Batista Teixeira (Avaliador interno)

Documento assinado eletronicamente por:

- Antonio Evami Cavalcante Sousa, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 09/03/2022 15:08:06.
- Marconi Batista Teixeira, COORDENADOR DE CURSO - FUC0001 - CCMDAGRO-R, em 09/03/2022 14:45:43.
- Frederico Antonio Loureiro Soares, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 09/03/2022 14:21:01.
- Leonardo Nazario Silva dos Santos, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 09/03/2022 14:11:40.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 09/03/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifgoiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 364863

Código de Autenticação: abc240de07



INSTITUTO FEDERAL GOIANO
Campus Rio Verde
Rodovia Sul Goiana, Km 01, Zona Rural, None, RIO VERDE / GO, CEP 75901-970
(64) 3620-5600

AGRADECIMENTOS

À Deus, que a tudo vê e a tudo decide.

Aos meus pais Egidio e Inês, *in memoriam*.

À minha irmã Elenita Maria Lora Gasparin, que esteve sempre presente, atenciosa e amiga, me incentivando.

Ao meu irmão, Eng. Ivo Lora, pelo aporte financeiro durante a jornada.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Leonardo Nazário Silva dos Santos, pela acolhida desde minha chegada no IF Goiano e acompanhamento.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Frederico Antônio Loureiro Soares, pelas palavras de otimismo.

Ao Coordenador do PPGCA, Prof. Dr. Marconi Teixeira Batista, pelo acolhimento, pelas considerações e assertividade.

Ao Prof. Dr. Alan Carlos Costa, Pró-Reitor de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação do IF Goiano, pela palavra e estímulo.

Ao Dr. Vitor Marques Vidal, por especial atenção e amizade.

Aos Drs. Wilker Alves Morais, pelo seu altruísmo.

Aos Drs. Adinan Alves Silva, Adriano Carvalho Costa, pela amizade construída.

Aos demais professores do PPGCA, que com a parcimônia necessária, puderam ministrar as aulas e nos motivar nessa época da pandemia COVID-19.

À secretária Vanilda, que com sua equipe, sempre foi muito prestativa.

À Elaine Maria Zanella, que esteve comigo todos os dias, me acompanhando.

À todos,

Muito obrigado.

“...o amor precisa para viver
de emoção e alegria e
tem de regar todo o dia.”

A cor do som

BIOGRAFIA DO AUTOR

Jacyr Lora, filho de Egidio Lora e Inês Antoniti Lora, nasceu no dia 20 de setembro de 1959, na cidade de Chapecó, Santa Catarina. Concluiu o ginásio no Colégio Estadual dos Subúrbios, no ano de 1974 e o ensino médio no Colégio Agrícola Ângelo Emílio Grandó, em 1979, ambos na cidade de Erechim, Rio Grande do Sul. Em 1998, graduou-se em Agronomia, pela Universidade do Estado de Santa Catarina, na cidade de Chapecó, SC. Em 2014, concluiu a Pós-Graduação em Proteção de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. Em 2020, iniciou o curso de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias no Instituto Federal Goiano-Campus Rio Verde, Goiás, concluindo em março de 2022.

ÍNDICE GERAL

	Página
RESUMO GERAL	xxvii
ABSTRACT.....	xxix
INTRODUÇÃO GERAL.....	31
2. OBJETIVOS	34
2.1 Geral.....	34
2.2 Específicos	34
4.1. INTRODUÇÃO	40
4.2. MATERIAL E MÉTODOS	43
4.2.1 Área experimental e condução.....	43
4.2.2 Delineamento experimental	47
4.2.3 Variáveis analisadas	48
4.2.3.1 Variáveis fisiológicas	48
4.2.3.2 Variáveis biométricas.....	49
4.2.4. Declaração de Ética.....	49
4.2.5 Análises estatísticas.....	49
4.3 RESULTADOS.....	50
4.4 DISCUSSÃO.....	61
4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
5.1 INTRODUÇÃO	72
5.2 MATERIAL E MÉTODOS	74
5.2.1 Área experimental	74
5.2.2 Delineamento experimental	74

5.2.3 Implantação e condução experimental	74
5.2.5. Variáveis analisadas	77
5.2.6. Análises estatísticas.....	78
5.3 RESULTADOS	78
5.4 DISCUSSÃO.....	89
5.5 CONCLUSÕES.....	94
5.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	95

ÍNDICE DE TABELAS - CAPÍTULO I

Tabela 1. Valores médios de teores de nitritos, nitratos e amônia, conforme a população de peixes	35
Tabela 2. Resumo da ANAVA dos ciclos I e II da população de peixes (PP) e volume de material filtrante (VF) para as variáveis fisiológicas taxa respiratória (<i>E</i>), taxa fotossintética (<i>A</i>), condutância estomática (<i>g_{sw}</i>), relação concentração interna/ concentração externa de CO ₂ (<i>C_i/C_a</i>) e relação da taxa fotossintética/ concentração externa de CO ₂ (<i>A/C_i</i>)	39
Tabela 3. Desdobramento da interação de população de peixes (PP) dentro de cada nível de volume de material filtrante (VF) e vice-versa para taxa respiratória (<i>E</i>) e condutância estomática (<i>G_{SW}</i>) para o ciclo I e para taxa respiratória (<i>E</i>), taxa fotossintética (<i>A</i>), condutância estomática (<i>G_{SW}</i>) e relação taxa fotossintética com concentração interna de CO ₂ (<i>A/C_i</i>) do sistema aquapônico	40
Tabela 4. Resumo da ANAVA para os ciclos I e II da população de peixes (PP) e volume de material filtrante (VF) para as variáveis biométricas diâmetro de copa (<i>D_{Co}</i>), número de folhas (<i>N_{Fo}</i>), diâmetro de caule (<i>D_{Ca}</i>), massa fresca das folhas (<i>M_{FFo}</i>) e massa seca das folhas (<i>M_{SFo}</i>).....	42
Tabela 5. Desdobramento do ciclo II da interação de população de peixes (PP) dentro de cada nível de volume de material filtrante (VF) e vice-versa para diâmetro de copa (<i>D_{Co}</i>), número de folha (<i>N_{Fo}</i>), diâmetro de caule (<i>D_{Ca}</i>), massa fresca da folha (<i>M_{FFo}</i>) e massa seca da folha (<i>M_{SFo}</i>) do sistema aquapônico.....	43

Tabela 6. Massa seca das folhas de alface do ciclo I para população dos peixes (PP) e volume de material filtrante em sistema aquapônico.....	44
--	----

ÍNDICE DE TABELAS - CAPÍTULO II

Tabela 7. Resumo da ANAVA dos ciclos I e II da população de peixes (PP) e volume de material filtrante (VF) para nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S).....	61
Tabela 8. Desdobramento da interação de população de peixes (PP) dentro de cada nível de volume de material filtrante (VF) e vice-versa para nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) para o ciclo I e nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca) e enxofre (S) da massa seca de alface do sistema aquapônico.....	62
Tabela 9. Análise de fósforo (P) da alface para população de peixes (PP) no ciclo I e volume de material filtrante (VF) no ciclo II em sistema aquapônico.....	64
Tabela 10. Resumo da ANAVA dos ciclos I e II da população de peixes (PP) e volume de material filtrante (VF) para boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn).....	65
Tabela 11. Desdobramento da interação de população de peixes (PP) dentro de cada nível de volume de material filtrante (VF) e vice-versa para ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) para o ciclo I e boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe) e manganês (Mn) para o ciclo II da massa seca de alface do sistema aquapônico.....	66
Tabela 12. Boro (B) e cobre (Cu) para o ciclo I e zinco (Zn) para o ciclo II da matéria seca de alface cultivado com diferentes populações de peixes (PP) em sistema aquapônico.....	68

ÍNDICE DE FIGURAS – CAPÍTULO I

Figura 1. O sistema aquapônico. Temos em (A), os perfis, em (B), o reservatório, em (C), o decantador e em (D), o filtro biológico.....	34
Figura 2. <i>Oreochromis niloticus</i> , a Tilápia do Nilo.....	36
Figura 3. A) Mudas germinadas na espuma fenólica; B) Muda de alface com três folhas; C) As mudas no berçário; D) O sistema aquapônico em funcionamento.....	37

ÍNDICE DE FIGURAS – CAPÍTULO II

Figura 4. Configuração do sistema aquapônico.....	58
Figura 5. Alface padrão, colhida no sistema.....	64

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES E UNIDADES

SÍMBOLO/SIGLA	SIGNIFICADO	UNIDADE
Al	Alumínio	mg.Kg
A	Taxa de assimilação fotossintética	$\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-2}$
A/Ci	Eficiência instantânea de carboxilação	$\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-2}$
B	Boro	mg. Kg
Ca	Cálcio	mg. Kg
Ci/Ca	Razão interna e externa de CO ₂	$\mu\text{mol.m}^{-2}\text{s}^{-2}$
Cu	Cobre	mg. Kg
DAP	Dias após o plantio	-
DAT	Dias após o transplante	-
Dcaule	Diâmetro de caule	Mm
Dcopa	Diâmetro de copa	Mm
E	Taxa de transpiração	$\text{mmol.m}^{-2}\text{s}^{-2}$
Fe	Ferro	mg. Kg
<i>g_{sw}</i>	Condutância estomática de água	$\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-2}$
K	Potássio	mg. Kg
MFfolhas	Massa fresca das folhas	Mg
Mg	Magnésio	mg. Kg
Mn	Manganês	mg. Kg
Mo	Molibdênio	mg. Kg
MSfolhas	Massa seca das folhas	Mg
N	Nitrogênio	mg. Kg

P	Fósforo	mg. Kg
pH	Potencial hidrogeniônico	%
Zn	Zinco	mg. Kg

RESUMO GERAL

LORA, JACYR. Instituto Federal Goiano-Campus Rio Verde/GO, Mar/2022. *Alface em sistema aquapônico, sob diferentes populações de peixes e volumes de material filtrante*. Orientador: Dr. Leonardo Nazário Silva dos Santos, Co-orientador: Dr. Adinan Alves da Silva

A aquaponia é uma técnica de produção de alimentos que, ao utilizar a água como meio comum, conjuga simbioticamente três organismos vivos (plantas, peixes e bactérias nitrificantes) e oferece ao final, proteínas e vegetais. Atualmente, a literatura carece de trabalhos onde se tenha avaliado as características fisiológicas e nutricionais de alface cultivada em sistema aquapônico. Dessa forma, objetivou-se avaliar a cultura da alface, cultivada em sistema aquapônico sob diferentes populações de peixes e volumes de material filtrante. O experimento foi instalado no IF Goiano, Campus Rio Verde, Rio Verde/Goiás, sendo constituído por dezoito unidades experimentais, cada uma integrada por reservatório (1 m³), decantador, filtro biológico, bomba e aerador, além de seis calhas hidropônicas em cada unidade experimental, que abrigavam 11 plantas/calha. O delineamento experimental foi bloco casualizado, em arranjo fatorial com três populações

de peixes (30, 60 e 90 peixes m³) e dois volumes de material filtrante (40 e 60 litros de argila), para o primeiro ciclo e (50 e 70 litros de argila) para o segundo ciclo, com três repetições. As análises fisiológicas e as análises biométricas foram realizadas aos 45 dias após a semeadura. Em seguida, realizou-se a colheita para coletar amostras que foram secadas em estufa, moídas e enviadas ao laboratório para que fossem realizadas as análises nutricionais. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey, por meio do programa computacional Sisvar. Foi observado na água, valores de macro e micronutrientes discrepantes, devido aos altos valores de pH, que provocou a precipitação destes, sendo então descartados quando da retirada do lodo. Os níveis de pH devem ser ajustados para diminuir a concentração de amônia tóxica para não comprometer o bom desenvolvimento da alface. Dado os resultados, concluímos que uma população de 30 peixes é suficiente para garantir o crescimento e desenvolvimento da alface aquapônica e que um volume maior de material filtrante é melhor para a mineralização dos compostos orgânicos e subsequente disponibilização dos nutrientes necessários às plantas.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*, *Oreochromis niloticus*, NFT (Técnica de filme de nutriente), Biofiltro, Nutrição de plantas.

ABSTRACT

LORA, JACYR. Instituto Federal Goiano-Campus Rio Verde/GO, Mar/2022. **Lettuce production in aquaponic system, under different fish populations and volume of filter material.** Advisor: Dr. Leonardo Nazário Silva dos Santos, Co-advisor: Dr. Adinan Alves da Silva

Aquaponics is a food production technique that, by using water as a common medium, symbiotically conjugates three living organisms (plants, fish and nitrifying bacteria) and offers proteins and vegetables to the end. Curiously, we noticed that the literature lacks studies where the physiological and nutritional characteristics of lettuce grown in aquaponic system were evaluated. Thus, the objective was to evaluate lettuce culture, cultivated in aquaponic system under different fish populations and volumes of filter material. The experiment was installed at IF Goiano, Rio Verde Campus, Rio Verde/Goiás, consisting of eighteen experimental units, each composed of reservoir (1 m³), decanter, biological filter, pump and aerator, as well as six hydroponic gutters in each experimental unit, which housed 11 plants/trough. The experimental design was block casualized, in a factorial arrangement with three fish populations (30, 60 and 90 fish m⁻³) and two volumes of filter material (40 and 60 liters of clay), for the first cycle and (50 and 70 liters of clay) for the second cycle, with three replications. The

physiological variables and biometric analyses were performed at 45 days after sowing, when then, soon after, the samples were dried in a greenhouse, ground and sent to the laboratory for nutritional analyses. The data obtained were submitted to variance analysis and, the means were compared by the Tukey Test, using the Sisvar computer program. It was observed in water, values of macro and micronutrients discrepant, due to the high pH values, which caused the precipitation of these, being then discarded when the soda was removed. PH levels should be adjusted to decrease the concentration of toxic ammonia so as not to compromise the proper development of lettuce. Given the results, we conclude that a population of 30 fish is sufficient to ensure the growth and development of aquaponic lettuce and that a larger volume of filter material is better for the mineralization of organic compounds and subsequent availability of the nutrients needed for plants.

Keywords: *Lactuca sativa*, *Oreochromis niloticus*, NFT (Nutrient Film Technique), Biofilter, Plant nutrition.

INTRODUÇÃO GERAL

Os métodos tradicionais de produção de alimentos exploram intensivamente os recursos naturais não renováveis, fato que têm preocupado o mundo inteiro. Nesse contexto, a aquaponia vem se consolidando como um método alternativo de produzir sem desmatar, sem provocar danos ambientais, ou seja, sem o esgotamento dos solos pelo seu uso intensivo, com menos riscos à eutrofização dos mananciais de água pelo lançamento de efluentes. A redução no uso de pesticidas, economia de água e recursos minerais, são alguns dos efeitos positivos deste sistema de produção (BLIDARIU & GROZEA, 2011). Conforme Dalsgaard et al. (2013), a economia de água pode chegar a 95% e pode ser reutilizada muitas vezes, mitigando os impactos ambientais decorrentes, como acontece noutros sistemas de produção (KÖNIG et al., 2018; MAUCIERI et al., 2018).

Segundo o que preconiza Joyce et al. (2019), a produção de alimentos sustentáveis, requer sim, a redução na utilização de recursos não renováveis, tais como os derivados do petróleo, água e elementos minerais.

A aquaponia conjuga num ambiente comum, a água e três organismos vivos: animais aquáticos, vegetais e bactérias nitrificadoras. O sistema é basicamente composto, de um reservatório onde ficam os peixes, um sistema decantador dos resíduos sólidos e um biofiltro, onde ficam alojadas as bactérias, geralmente em argila expandida. É um processo simbiótico que acontece num sistema fechado, onde a água migra do reservatório dos peixes para o decantador, daí para o biofiltro, do biofiltro é bombeada

para as calhas de cultivo, descendo após, por gravidade, para o reservatório novamente. As bactérias reduzem as excretas dos peixes em compostos mais simples, liberando nutrientes que ficam dissolvidos na água, disponíveis para as plantas, que estão nas calhas de cultivo. As plantas, assimilando estes nutrientes, contribuem para a purificação da água, que retorna ao reservatório onde estão os peixes. Segundo Somerville et al.(2014), dois grupos de bactérias se alojam nas argilas expandidas: as bactérias oxidantes da amônia (OAB), convertem amônia(NH_3) em nitrito (NO_2) e as bactérias oxidantes do nitrito, que convertem o nitrito em nitrato(NO_3).

A aquaponia, é um exemplo promissor de produção de peixes e vegetais frescos com sustentabilidade (JUNGE et al., 2017; GODDEK et al., 2019; ANI et al., 2021), devido a sua simplificada implantação em áreas remotas ou mesmo, junto às cidades. Iniciada em 1981, (RAKOCY & ALISSON, 1981), a técnica se tornou mais explorada a partir do ano 2000, após a publicação dos estudos de Graber e Junge, em 2009 (JUNGE et al. (2017). Por não depender de grandes espaços físicos e garantir a produção de dois tipos de alimentos, a aquaponia vem a ser a mais nova janela aberta às cadeias produtivas.

No Brasil, as alfaces cultivadas, são classificadas em seis grupos, quer sejam a alface crespa, americana, lisa, romana, mimosa e roxa/vermelha e crocante. (NICK e BORÉM, 2019). As mais cultivadas são a alface repolhuda americana cultivar “Grandes Lagos”, a solta lisa cultivar “Regina” e a solta crespa cultivar “Grand Rapids” (NICK e BORÉM, 2019). Por sua natureza, a alface é muito sensível às variações climáticas, e por esse motivo, sempre sujeita à sazonalidade. As altas temperaturas, induzem a planta ao pendoamento precoce, o que inviabiliza a comercialização do produto pois, este distúrbio fisiológico, provoca alongamento dos entrenós e a formação de látex, conferindo um sabor amargo à alface (SOUZA et al. 2008). Os sistemas de produção mais utilizados são o convencional, o sistema orgânico em campo aberto; o cultivo protegido no sistema hidropônico e no solo (FILGUEIRA, 2005; RESENDE et al, 2007; apud HENZ E SUINAGA, 2009). Os cultivos em ambiente protegido, permitem que se tenha um maior controle sobre pragas e doenças, melhor controle sobre a temperatura e o excesso de chuvas, garantindo produções a todo tempo, visando atender à crescente demanda por esta olerícola (MARTINEZ e SILVA FILHO, 2006; ROUPHAEL, et al., 2018).

A produção de alface aquapônica já é uma técnica de domínio público, mas ainda não são conhecidos os efeitos desse sistema sobre a fisiologia e crescimento da planta, ou ainda, quais aspectos do sistema, como volume de peixes e material filtrante, são os mais eficientes para a produção dessa hortaliça. Sabendo que as bactérias são as responsáveis pela mineralização das excretas dos peixes, é imprescindível ajustar a população de peixes segundo o volume de material filtrante, onde ficam alojados estes microorganismos.

Além disso, é relevante conhecer aspectos nutricionais e químicos dos alimentos que consumimos, ainda mais quando produzidos em um sistema ainda não convencional, como a hidroponia. A alface, por ser originária de regiões de clima ameno, foi adaptada em todas as regiões do Brasil, mas, em regiões de temperatura elevada, ainda apresenta dificuldade em se desenvolver. Estas condições, induzem a alface ao florescimento precoce e, por esse motivo, deve-se utilizar variedades adaptadas às condições locais. Condições ambientais com temperaturas acima de 22 °C, favorecem ainda o surgimento de distúrbios fisiológicos, tais como o *tipburn* e a nervura marrom (NICK e BORÉM, 2019).

Com relação à estocagem de peixes, deve-se trabalhar com densidades de estocagem recomendadas pela literatura, pois os peixes têm estreita relação com a qualidade da água. Somerville et al. (2014), recomendam 10-20 Kg m⁻³. Rakocy et al. (2008), trabalharam com 18,4 Kg m⁻³, alcançando ganho de peso diário de 3,2 g, com tecnologia BFT (Bioflocos).

Nas dependências do IFGoiano, foi montado um experimento para avaliar como se comporta esta olerícola num ambiente aquapônico, segundo diferentes populações de peixe e volumes de material filtrante; bem como, alguns aspectos fisiológicos, biométricos e nutricionais da alface.

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar a cultura da alface, cultivada em sistema aquapônico em função das diferentes populações de peixes e volume de material filtrante.

2.2 Específicos

- I. Verificar o crescimento e desenvolvimento das plantas de alface considerando as respostas fisiológicas e biométricas, em função de diferentes populações de peixes e volume de material filtrante.
- II. Analisar o status nutricional das plantas e sua influência no desempenho da cultura, em função de diferentes populações de peixes e volume de material filtrante.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANI, J.,S.; MANYALA, J. O.; MASESE, F.O.; FITZSIMMONS, K. Effect of stocking density on growth performance of monosex Nile Tilapia (*Oreochromis Niloticus*) in the aquaponis system integrated with lettuce (lactuca sativa). **Aquaculture and fhischeries**,2021.

BLIDARIU, F.; GROZEA, A. Increasing the economical efficiency and sustainability of indoor fish farming by means of aquaponics – review **Animal Sci. Biotechnology** 44 (2),1-8, 2011.

DALSGAARD, J.; LUND, I.; THORARINSDOTTIR, R.; DRENSTIG, A.; ARVONEN,K.; PEDERSEN, P., B. Farming diferente species in RAS in nordic countries: current status and future perspectives. **Aqua. Eng.** v. 53,p.2-13, 2013.

GODDEK, S.; JOYCE, A.; KOTZEN, B.;BURNELL, G. M. **Aquaponics food Productions systems**(2019) Springer, Switzerland,619pg.

HENZ, G. P.; SUINAGA, F. Tipos de alface cultivados no Brasil. Comunicado Técnico 75, EMBRAPA: Brasília, 2009.

JUNGE, R.; KONIG, B.; VILLARROEL, M.;KOMIBES, T.; JIJAKLI, M. H.,(2017). Strategic points in aquaponics. **Water** 9,v.3, p.182, 2017.

KÖNIG, B.; JUNKER, J.; REINHART, T.; VILLARROEL, M.; & JUNGE, R. (2018).Analysis of aquaponics as na emerging technological innovation system. **Journal of cleaner production.** v. 180, p. 232-243,2018.

MARTINEZ, H. E. P.;SILVA FILHO, J.B. **Introdução ao cultivo hidropônico de plantas.** Viçosa, MG: Editora UFV, 111 p., 2006.

MAUCIERI, C.; NICOLETTO, C.; JUNGE, R.; SCHMAUTZ, Z.; SAMBO, P.; BORIN, M. Sistemas hidropônicos e gestão da água em aquaponia: uma revisão. **Ital. J. Agron.** **13**. 2018.

NICK, C.; BORÉM, A. **Alface: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Editora UFV, 228p, 2019.

RAKOCY, J. E.; ALLISON, R. Evaluation on a closet recirculating system for the culture of tilapia and aquatic macrophytes. In: Allen L., J.; Kinney E., C. (Eds) Proc. Of the Bioengineering Symposium for the fish culture. **American fisheries Society**. Bethesda, nº1, 1981.

RAKOCY, J.,E.; DANAHER, J. J.; BAILEY, D. S.; SCHULTZ, R. C. Development of a biofloc system for the production of tilapia. **Aquaculture**, v.277, p. 138-145, 2008.

ROUPHAEL, Y.; KYRIACOU, M. C.; PETROPOULOS, S. A.; de PASCALE, S.; COLLA, G. Improving vegetable quality in controlled environments. **Scientia Horticulturae**, v.234, p.275-289, 2018.

SOMERVILLE, C.; COHEN, M.; PANTANELLA, E.; STANKUS, A.; & LOVATELLI, A. Small-scale aquaponic food production; integrating fish and plant farming(2014). **FAO, Rome**, 2014.

SOUZA, M. C. M.; RESENDE, L. V.; MENEZES, D.; LOGES, V.; SOUTE, T. A.; SANTOS, V. F. Variabilidade genética para características agronômicas em progênies de alface tolerantes ao calor. **Horticultura Brasileira**, v.26, p. 354-358, 2008.

CAPÍTULO I - POPULAÇÕES DE PEIXES E VOLUMES DE MATERIAL FILTRANTE SOBRE O DESEMPENHO DA ALFACE CULTIVADA EM SISTEMA AQUAPÔNICO

(Normas de acordo com a Revista Bragantia)

RESUMO

Produzir alimentos de maneira prática, sustentável e inclusiva são algumas das vantagens que o sistema aquapônico propicia, contudo, estudos acerca do desempenho produtivo da alface cultivada neste sistema no centro oeste brasileiro, são escassos. Dessa forma, objetivou-se com o presente trabalho, verificar o crescimento e desenvolvimento da cultura, considerando as respostas fisiológicas e biométricas, segundo a população de peixes e volume de material filtrante. Para tanto, foi montado um experimento no IF Goiano, Campus Rio Verde/Goiás, sendo constituído por reservatório (1 m³), decantador, filtro biológico, bomba e aerador, além de seis calhas hidropônicas em cada unidade experimental, que abrigavam as plantas. O delineamento experimental foi blocos ao acaso, em arranjo fatorial com três populações de peixes e dois volumes de material filtrante para o primeiro e para o segundo ciclo, com três repetições. As análises fisiológicas e as variáveis biométricas, foram analisadas aos 45 dias após a semeadura. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando necessário, as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey, por meio do programa computacional SISVAR[®]. Embora os valores de nitrito e pH tenham se mantido acima da média preconizada pela literatura, os níveis encontrados não chegaram a afetar o desempenho da alface cultivada no presente experimento. Em virtude do que foi analisado, observou-se que os maiores valores alcançados para os parâmetros fisiológicos, foram para um volume de material filtrante de 70 L. Com relação à população de peixes, observou-se que uma população de 30 peixes apresentou resultados satisfatórios. Já os parâmetros biométricos, as maiores médias foram alcançadas com um menor volume de material filtrante para uma população de 30 peixes.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*; *Oreochromis niloticus*; Alface aquapônica; Cultivo aquapônico do cerrado; Análises fisiológicas; Análises biométricas.

**PHYSIOLOGICAL AND BIOMETRIC EVALUATIONS OF LETTUCE
GROWN IN AQUAPONIC SYSTEM WITH DIFFERENT FISH POPULATIONS
AND VOLUME OF FILTER MATERIAL.**

(Standards according to *Bragantia Magazine*)

Abstract: Producing food in a practical, sustainable and inclusive way are some of the advantages that the aquaponic system provides, however, studies on the productive performance of lettuce grown in this system in the Brazilian Midwest are scarce. Thus, the present study aimed to verify the growth and development of the crop, considering the physiological and biometric responses, according to the fish population and volume of filter material. For this, an experiment was carried out in the IF Goiano, Rio Verde/Goiás Campus, consisting of reservoir (1 m³), decanter, biological filter, pump and aerator, in addition to six hydroponic gutters in each experimental unit, which house the plants. The experimental design was blocks casualized, in a factorial arrangement with three fish populations and two volumes of filter material for the first and for the second cycle, with three replications. Physiological analyses and biometric variables were analyzed at 45 days after sowing. The data obtained were submitted to variance analysis and, when necessary, the means were compared by the Tukey Test, using the SISVAR[®] computer program. Although the nitrite and pH values remained above the means recommended by the literature, the levels found did not affect the performance of lettuce grown in the present experiment. Due to what was analyzed, we can say that the highest values achieved for physiological parameters were for a volume of filter material of 70 L. In relation to the fish population, we observed that a population of 30 fish, presented satisfactory results. Biometric parameters, the highest means were achieved with a lower volume of filter material for a population of 30 fish.

Keywords: *Lactuca sativa*; *Oreochromis niloticus*; Aquaponic lettuce; Aquaponic cultivation of the cerrado; Physiological analyses; Biometric analysis.

4.1. INTRODUÇÃO

Sendo conhecida há mais de dois mil anos, a Aquaponia é um sistema de produção que conjuga simbioticamente, peixes, plantas e bactérias (KNAUS e PALM, 2017). Neste ambiente, onde a água é o meio comum, as bactérias têm um papel fundamental, pois são elas que irão reduzir os excretos nitrogenados dos peixes e restos de ração, em compostos assimiláveis pelas plantas (RAKOCY, 2012). As plantas, por sua vez, filtram a água, absorvendo nutrientes, tornando o ambiente favorável para os peixes. Os nutrientes necessários ao seu crescimento e desenvolvimento, derivam das excretas dos animais aquáticos, que depois de mineralizadas pelas bactérias nitrificadoras, ficam diluídos na água e são prontamente assimiláveis. Não só as do gênero *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*, como também as dos gêneros *Nitrosococcus* e *Annamox*. Quando não mineralizados, as excretas irão resultar num aumento dos índices de nitrito, nitrato e amônia (SOMERVILLE et al., 2014).

O balanço dos níveis de nitrato dependerá da densidade de peixes em cada reservatório e do volume de material filtrante, sendo que o ajuste ideal deve ser perseguido, para que o produto final da conjugação destes dois fatores, o nitrato, seja tolerável às três espécies de organismos vivos. Os peixes toleram bem níveis de nitrato elevado, já as plantas são muito sensíveis a altos níveis de nitrito.

Não necessitando de grandes espaços para a sua instalação, a aquaponia pode ser instalada junto aos centros urbanos, nas casas, ou mesmo em jardins, conforme observado por König et al. (2016). A exploração desta atividade, além de garantir uma antecipação das colheitas, permite que se trabalhe com altas densidades de plantas e diferentes populações de peixes. A estrutura de produção será definida, conforme os objetivos do produtor, visando atender a demanda familiar ou até mesmo, a escala comercial. Uma boa estratégia é, justamente, dimensionar o projeto junto aos centros consumidores, estabelecendo uma estreita relação com a população, que poderá acompanhar a dinâmica de produção no local, podendo adquirir na mesma hora, um produto fresco, com alta qualidade (VERMEULEN & KAMSTRA, 2013). Vermeulen & Kamstra, observaram que a concepção do projeto aquapônico deve favorecer a interação dos consumidores com o produtor, ganhando compreensão sobre a dinâmica da produção de alimentos neste

sistema de produção. A reutilização da água, é um diferencial da aquaponia, como também, uma grande vantagem que o sistema proporciona. Conforme Dalsgaard et al. (2013), a economia de água pode chegar a 95%, quando comparada com outros sistemas de produção.

Goddek et al. (2019), sinalizaram que a aquaponia, além de garantir a produção de proteínas e vegetais, atende as premissas de sustentabilidade, utilizando menos terra, menos energia e menos água, economizando fertilizantes químicos e sem a utilização de agrotóxicos.

Os sistemas de produção utilizados são o NFT (Nutrient Film Technique), o DWC (Deep Water Culture) e as Camas de cultivo. Para o sistema NFT, os componentes principais para a exploração da atividade são um reservatório para abrigar os peixes, decantador de resíduos sólidos, biofiltro para as bactérias, os perfis para o cultivo das hortaliças, uma bomba e um sistema de aeração (SOMERVILLE, 2014).

O cerrado brasileiro é uma região de temperaturas médias anuais, acima dos 20 °C. A alface, por ser uma hortaliça originária de regiões amenas, fica muito sujeita a estresses quando cultivada sob altas temperaturas. A alta irradiância e baixa umidade do ar também podem comprometer a sua fisiologia (HENZ & SUINAGA, 2009). As altas temperaturas podem provocar o fechamento dos estômatos, comprometendo assim a condutância estomática, as taxas transpiratória e fotossintética, bem como a eficiência instantânea de carboxilação (TAIZ e ZAIGER, 2006). O ciclo curto e o uso do cultivo protegido aliados aos intensos trabalhos de melhoramento genético dessa folhosa, permitiram o desenvolvimento de diversas cultivares adaptadas ao cultivo durante todo o ano. (NICK & BORÉM, 2019).

As espécies animais mais adequadas na América do Sul, segundo Pinho et al. (2021), são a tilápia e o bagre, muito embora outras espécies possam também ser utilizadas.

De acordo com o contexto, objetivou-se com este trabalho, verificar o crescimento e desenvolvimento da alface, considerando as respostas fisiológicas e biométricas, segundo a população de peixes e volume de material filtrante.

4.2. MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Área experimental e condução

O experimento foi conduzido no Instituto Federal Goiano, Campus de Rio Verde, no período de janeiro a dezembro de 2020. As coordenadas geográficas da área experimental são 17°48'28'' S e 50°53'57'' W.

Os parâmetros agrometeorológicos monitorados durante a condução do experimento, nos foram fornecidos pelo INMET. As precipitações médias anuais foram de 1330,6 mm e a temperatura média foi de 29,5 °C para máxima e 18,8 °C para mínima.

a. Ambiente experimental

O local do experimento foi coberto com tela de sombreamento com índice de proteção de 50% com fio de polietileno com telas nas laterais, para uma proteção contra os ventos.

O experimento foi constituído por dezoito módulos, sendo cada módulo composto por: (i) caixas d'água, com capacidade de 1 m³, que abrigaram os peixes); (ii) tanque de decantação, para a precipitação dos resíduos sólidos; (iii) biofiltro, onde se alojaram as bactérias; (iv) calhas hidropônicas, onde foram transplantadas as mudas de alface e (v) sistema de aeração, para a oxigenação do sistema. Constituíram-se assim, dezoito tratamentos, conjugadamente instalados sobre estrado de madeira, disposto sobre pedra brita, nº2.

O conjunto hidropônico era composto por calhas de polipropileno, instaladas com 2% de declividade, a fim de que a água escoasse por gravidade. Cada módulo era integrado por seis perfis de polipropileno, com 4,5 m de comprimento, distanciados a cada 15 cm e com 15 cm entre os orifícios e 11 plantas por perfil. Para o crescimento inicial das mudas, houve um berçário (bancada de desenvolvimento) com 15 perfis de polipropileno, nas mesmas dimensões e distanciamento das calhas dos módulos. O sistema contou ainda, com um filtro biológico, preenchido com argila expandida, porosa e um sistema decantador, cada qual com 0,2 m³ uma bomba com vazão de 2700 L/h.

A partir do reservatório, a água passava pelo decantador, pela parte inferior da bombona, através do *overflow*, onde as excretas produzidas pelos peixes e materiais

sólidos, se precipitavam. O excesso de resíduos era retirado com o auxílio de uma peneira. A seguir, a água era transferida para o biofiltro, onde as bactérias nitrificadoras, mineralizavam os compostos nitrogenados em produtos mais simples, liberando os nutrientes que, diluídos na água, ficavam disponíveis às plantas. Em seguida, a água era bombeada para os canais de cultivo. A oxigenação do sistema foi feita por um Aerador Soprador, com capacidade de 1,5 cv, distribuído igualmente em todos os tratamentos. Na figura 3, pode-se observar os componentes do sistema NFT, implantado.



Figura 1. O sistema aquapônico. Em (A), os perfis, em (B), o reservatório, em (C), o decantador e em (D), o filtro biológico.

b. Produção das mudas

Para germinação das sementes foi utilizado substrato estéril em espuma fenólica, nas dimensões de 2 x 2 cm, onde foram semeadas as sementes. Foram utilizadas 650 sementes para cada ciclo, da variedade Vanda. Preventivamente, foi produzido 10% a mais de mudas para o caso de necessidade de replantio. As bandejas com as espumas foram cobertas, mantidas no escuro por um período de 72 horas para a quebra da dormência. Todos os dias, as bandejas com as sementes foram irrigadas com solução nutritiva recomendada por Furlani (1999).

Após o período de germinação, as mudas foram transferidas para o berçário, onde permaneceram 7 dias. Após foi feito um desbaste, ficando em média 3 plantas por espuma fenólica e quando as plantas apresentaram 3 a 4 folhas, foram transplantadas ao local definitivo, nos perfis de crescimento.

c. Origem da água e parâmetros analisados

A água utilizada era proveniente de um poço artesiano, mantida sem nenhum tratamento, durante todo o ciclo da cultura.

Diariamente, com a utilização de um Peagâmetro, foi analisado o pH, tendo sido calculado as médias, sendo 8,16 para o ciclo I e 8,22 para o ciclo II.

Semanalmente, foi coletada água dos tanques para fazer, no Laboratório, a análise das concentrações de nitritos e nitratos pelo método espectofotométrico-colorimétrico, de Mackereth et al. (1978). A amônia foi analisada pelo método espectofotométrico-colorimétrico de Korolef (1976).

Tabela 1. Valores médios de teores de nitritos, nitratos e amônia, conforme a população de peixes.

Valores médios – Ciclo I			
PP	Nitrito (mg/L ⁻¹)	Nitrato (mg/L ⁻¹)	Amônia (mg/L ⁻¹)
30	1,46	49,40	0,91
60	1,73	73,46	0,85
90	1,44	35,28	3,50

Valores médios – Ciclo II			
PP	Nitrito (mg/L ⁻¹)	Nitrato (mg/L ⁻¹)	Amônia (mg/L ⁻¹)
30	1,37	39,37	0,55
60	4,39	53,60	2,12
90	2,82	42,75	3,95

d. Espécie dos peixes

A espécie de peixe utilizada foi a *Oreochromis niloticus*, a tilápia do Nilo. Os peixes, com peso aproximado de 90 gramas, foram colocados nas caixas, uma semana antes do transplante das alfaces, a fim de que as bactérias nitrificadoras se alojassem no material filtrante e iniciassem a sua função. Os peixes foram alimentados 2 vezes ao dia, com ração comercial extrusada, com 37% de proteína bruta.



Figura 2. *Oreochromis niloticus*, a Tilápia do Nilo.

e. Operações e manejo do sistema

Durante todo o experimento foram realizadas operações de manutenção, quer sejam, de limpeza das tubulações e bombas, com a utilização de jatos d'água. Diariamente, foram monitorados todos os componentes, visando a substituição de alguma peça ou desentupimento. Semanalmente, eram feitas vistorias e, quando necessário, eram realizadas operações de retirada do excesso de material sólido dos decantadores, pela utilização de uma peneira. Ainda, todas as semanas, verificava-se o volume de água para repor o que era perdido por evaporação.

4.2.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado, foi blocos casualizados, em arranjo fatorial com três populações de peixes, sendo (PP30; PP60 e PP90 peixes/m³ e dois volumes de material filtrante, sendo (VF4 e VF60 litros de argila expandida) para o primeiro ciclo e (VF50 e VF70 litros de argila expandida), para o segundo ciclo, com três repetições, totalizando 18 parcelas experimentais.

Na figura 5, pode-se observar algumas etapas do experimento e configuração do sistema.

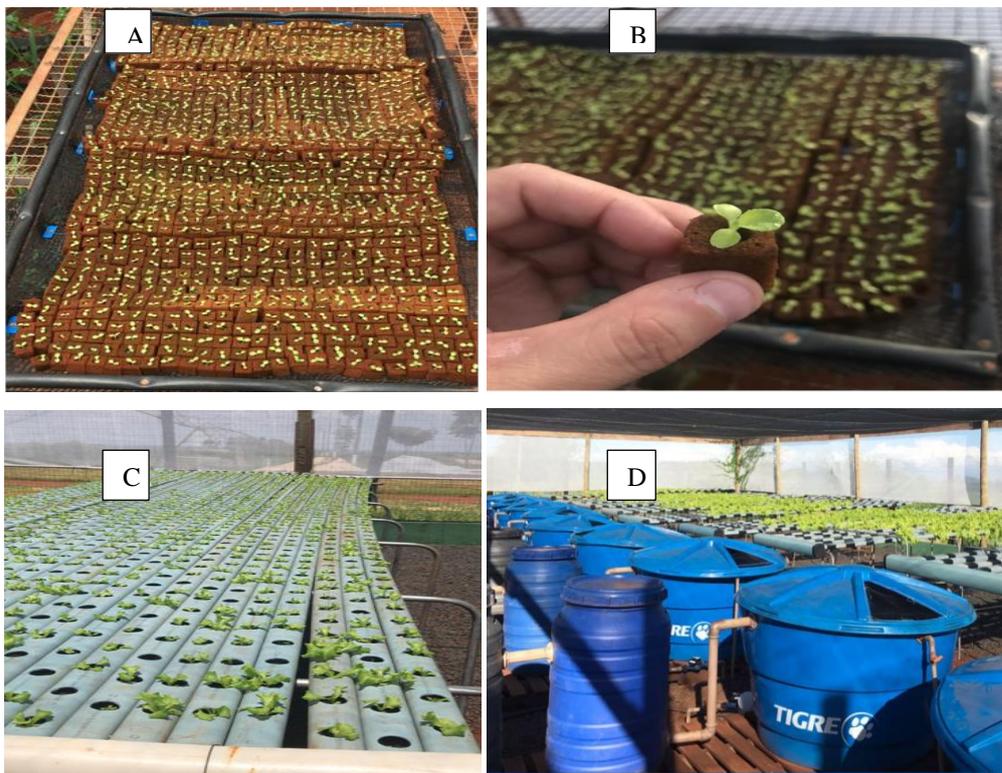


Figura 5. A) Mudas germinadas na espuma fenólica; B) Muda de alface com três folhas; C) As mudas no berçário; D) O sistema aquapônico em funcionamento

4.2.3 Variáveis analisadas

4.2.3.1 Variáveis fisiológicas

Ao final do ciclo, 45 DAP, no horário das 07:30 às 11:00 h, foram realizadas as análises de trocas gasosas utilizando um analisador de gases do infravermelho (modelo Li6800 LiCOR) para obtenção da taxa fotossintética líquida (A , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 na câmara subestomática (C_i -ppm), taxa transpiratória (E , $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_{sw} - $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Estas variáveis foram utilizadas para calcular a eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i). As análises foram realizadas sempre numa folha completamente expandida, localizada na posição mediana da planta, sob condições de constantes de irradiância ($1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), temperatura (25°c) e concentração ambiente de CO_2 (400 ppm) na câmara foliar.

4.2.3.2 Variáveis biométricas

No final do ciclo, aos 45 DAP, foram colhidas uma amostra de cada tratamento e avaliados os seguintes fatores biométricos: Diâmetro da planta em cm (DP) – maior distância entre as extremidades da planta; Diâmetro do caule (Dcaule) em cm; Número de folhas; Massa fresca – g/planta (MFFo) em gramas; Massa seca – g/planta (MSFo) em gramas. Para obtenção da massa fresca e massa seca, foram retiradas as raízes, as folhas despigmentadas, necróticas e mortas, bem como, atacadas por doenças ou pragas. Para a análise, foram consideradas apenas as folhas inteiras, do nódulo caulinar ao ápice.

Para a determinação do Dcopa e Dcaule, foi utilizado uma fita métrica, graduada em cm. Para a determinação da MF, utilizou-se uma balança analítica. Para a obtenção da MS, as plantas foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas numa estufa com circulação forçada, sob temperatura de 65 °C, durante 72 h, até alcançarem os valores de massa constante, sendo então determinados seus pesos em balança de precisão.

4.2.4. Declaração de Ética

De acordo com o que estabelece a Lei 11.794 de 08 de outubro de 2008 e o Decreto Nº6.899 de 15 de julho de 2009, bem como, de acordo com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CNCEA), o estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais do Instituto Federal Goiano (CEUA/IF Goiano).

4.2.5 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade, selecionando as variáveis que foram significativas para o teste de médias (Tukey). Após, foi gerado a ANAVA, com software SISVAR[®], selecionando os dados significativos, para gerar as tabelas de médias e significâncias.

4.3 RESULTADOS

Na Tabela 2, são apresentados os resultados da ANAVA obtidos para taxa respiratória (E , $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa fotossintética (A , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_{sw} , $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), relação concentração interna/ concentração externa de CO_2 (C_i/C_a) e relação da taxa fotossintética/ concentração externa de CO_2 (A/C_i), de plantas de alface cultivadas em sistema aquapônico sob diferentes populações de peixes, PP30, PP60 e PP90, com dois volumes de material filtrante (40 e 60L) para o primeiro ciclo e 50 e 70 L), para o segundo ciclo.

Tabela 2. Resumo da ANAVA dos ciclos I e II da população de peixes (PP) e volume de material filtrante (VF) para as variáveis fisiológicas taxa respiratória (E , $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), taxa fotossintética (A , $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (G_{sw} , $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), relação concentração interna/ concentração externa de CO_2 (C_i/C_a) e eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i) de plantas de alface cultivadas em sistema aquapônico.

FV	GL	Quadrados Médios				
		E	A	G_{sw}	C_i/C_a	A/C_i
Ciclo I						
PP	2	42,21**	42,65**	0,0267 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	0,000272**
VF	1	7,50**	1,09 ^{ns}	0,0107 ^{ns}	0,0016 ^{ns}	0,000000 ^{ns}
PP*VF	2	24,98**	1,11 ^{ns}	0,1524**	0,0045 ^{ns}	0,000050 ^{ns}
BLOCO	2	0,64 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,0080 ^{ns}	0,0043 ^{ns}	0,000039 ^{ns}
RESÍDUO	10	0,48 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,0082 ^{ns}	0,0019 ^{ns}	0,000019 ^{ns}
CV (%)		8,44	8,46	18,91	4,92	19,56
Ciclo II						
PP	2	13,47**	18,69**	0,0633**	0,00031 ^{ns}	0,000072 ^{ns}
VF	1	111,85**	2,31**	1,0320**	0,00035 ^{ns}	0,000356*
PP*VF	2	2,90*	73,75**	0,2451**	0,00283 ^{ns}	0,000239*

BLOCO	2	1,06 ^{ns}	2,16 ^{**}	0,0147 ^{ns}	0,00095 ^{ns}	0,000139 ^{ns}
RESÍDUO	10	0,51	0,21	0,0071	0,00258 ^{ns}	0,000046
CV (%)		4,90	2,66	6,87	5,67	12,92

FV = fator de variação; GL = grau de liberdade; PP = população de peixes, VF = volume de material filtrante, PP*VF = população de peixes * volume de material filtrante; CV = coeficiente de variação.

Observou-se que, para o ciclo I, houve interação entre população de peixes e volume de material filtrante, com diferença significativa de 1%, para taxa transpiratória (E) e condutância estomática (gsw). Para o ciclo II, houve diferença significativa na interação população de peixes x volume de material filtrante, para todas as variáveis analisadas exceto para concentração interna e externa de CO_2 (Ci/Ca).

Na Tabela 3, apresentamos os resultados obtidos pelo desdobramento da interação (PP) X (VF) para taxa transpiratória (E) e condutância estomática (gsw), para o ciclo I e para taxa transpiratória (E), taxa fotossintética (A), condutância estomática (gsw) e relação taxa fotossintética com concentração interna de CO_2 (A/Ci), para o ciclo II, das plantas de alface cultivadas em sistema aquapônico.

Tabela 3. Desdobramento da interação (PP) X (VF) para taxa transpiratória (E , $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e condutância estomática (g_{sw} , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) para o ciclo I e para taxa transpiratória (E , $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) taxa fotossintética (A , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_{sw}) e eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i) de plantas de alface cultivadas em sistema aquapônico.

VF	PP		
	30	60	90
Ciclo I			
E			
40	5,38 cB	10,02 aB	7,42 bA
60	10,26 bA	12,17 aA	4,27 cB
G_{sw}			
40	0,28 bB	0,54 aA	0,54 aA
60	0,67 aA	0,55 aA	0,29 bB
Ciclo II			
E			
50	13,41 aB	11,51 bB	11,61 bB
70	19,13 aA	17,36 bA	14,99 cA
A			
50	21,61 aA	19,64 bA	11,82 cB
70	14,82 cB	17,33 bB	18,78 aA
g_{sw}			
50	1,29 aA	0,82 bB	0,86 bB
70	1,35 bA	1,68 aA	1,37 bA
A/C_i			
50	0,06 aA	0,05 aA	0,05 aA
70	0,03 bB	0,05 aA	0,05 aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem dentro da população de peixes (PP) e letras maiúsculas iguais não diferem entre volume de material filtrante (VF) a 5% de probabilidade.

No ciclo I, avaliando a Taxa transpiratória (E) da alface entre os VF, observa-se que na PP30, ocorreu diferença significativa, com o VF60 superando o VF40. Quando se observa a PP60, o VF60 foi estatisticamente superior ao VF40. Já para PP90 o VF40 obteve a maior média, sendo superior à VF60. Agora, analisando a PP dentro de cada VF, verifica-se que usando um VF40, em PP60 foi estatisticamente superior às demais PP, sendo que PP90 foi maior que PP30. Quanto ao VF60, a PP60 obteve a maior média, sendo que o menor valor ficou para PP90.

No ciclo II, houve diferença significativa em todas as populações de peixes em relação ao volume de material filtrante. Com relação aos volumes de material filtrante de 50L (VF50) em PP30, houve a maior média, sendo que PP60 e PP90 foram estatisticamente iguais. Já para VF70, o menor valor foi para PP90, sendo que PP30 obteve o maior valor ($19,13 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

No parâmetro condutância estomática (g_{sw}), no ciclo I, em PP30, VF60 foi superior à VF40. Em PP60, os volumes de material filtrante foram estatisticamente iguais. Já para PP90, VF40 foi superior à VF60. Com relação ao volume de material filtrante de 40L (VF40), as médias máximas foram para população de peixes de 60 (PP60) e 90 (PP90), sendo, estatisticamente iguais e superiores à população de peixes de 30. Já para VF60, as melhores médias foram para PP30 e PP60, que foram estatisticamente iguais e superiores à PP90.

Para o ciclo II, não houve diferença significativa entre os VF, para PP30. Já para PP60, VF70, foi superior à VF50. Em PP90, VF70 foi superior à VF50. Com relação ao volume de material filtrante de 50L (VF50), a maior média foi para a população de peixes de 30 (PP30), sendo que as populações de 60 (PP60) e 90 (PP90), foram estatisticamente iguais. Em relação ao VF70, em PP60 houve a maior média sendo que PP30 foi estatisticamente igual à PP90.

No ciclo II, a taxa fotossintética (A), apresentou diferença significativa para PP30, sendo que VF50 foi superior à VF70. Em PP60, o maior valor foi também para VF50. Em PP90, o maior valor foi para VF70. Com relação ao volume de material filtrante de 50L (VF50), PP30 foi superior a PP60 e PP90, sendo que o menor valor foi

para PP90. Já para o volume de material filtrante de 70L (VF70), a maior média foi para a população de peixes de 90 (PP90), sendo que o menor valor foi para PP30.

Ainda no ciclo II, analisando a eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i), observa-se que para PP30, o VF50 foi superior à VF70. Para PP60, foi ao contrário: Vf70 foi superior à VF50. Em PP90, observa-se um comportamento similar, ou seja, VF70 foi superior à VF50. Agora, em relação as Populações de peixes dentro de cada volume de material filtrante, em VF50mas PP foram estatisticamente iguais. Já para VF70, PP60 foi estatisticamente igual à PP90, sendo superiores à PP30.

Na Tabela 4, estão apresentados resultados obtidos para a ANAVA das variáveis diâmetro da copa (DCo), número de folhas (Nfo), diâmetro do caule (DCa), massa fresca das folhas(MFFo) e massa seca das folhas (MSFo) de alfaces cultivadas em sistema aquapônico, com populações de peixes de 30, 60 e 90, com dois volumes de material filtrante(40 e 60 L) para o primeiro ciclo e (50 e 70 L), para o segundo ciclo.

Conforme pode-se observar, no ciclo I, houve diferença significativa a 1%, para massa seca das folhas (MSFo), para os fatores população de peixes e volumes de biofiltro.

Para o ciclo II, houve diferença significativa a 1% na interação PP*VF, para todas as variáveis analisadas.

Tabela 4. Resumo da ANAVA para os ciclos I e II da população de peixes (PP) e volume de material filtrante (VF) para as variáveis biométricas diâmetro de copa (DCo, cm), número de folhas (NFo), diâmetro de caule (DCa, cm), massa fresca das folhas (MFFo, g) e massa seca das folhas (MSFo, g) de plantas de alface cultivadas em sistema aquapônico.

FV	GL	Quadrados Médios				
		DCo	NFo	DCa	MFFo	MSFo
Ciclo I						
PP	2	4,87 ^{ns}	3,37 ^{ns}	7,50 ^{ns}	1627,14 ^{ns}	23,235**
VF	1	0,68 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,05 ^{ns}	2082,49 ^{ns}	26,499**
PP*VF	2	3,43 ^{ns}	4,26 ^{ns}	0,65 ^{ns}	918,27 ^{ns}	1,832 ^{ns}
BLOCO	2	0,66 ^{ns}	4,62 ^{ns}	0,35 ^{ns}	746,38 ^{ns}	0,016 ^{ns}
RESÍDUO	10	11,90	3,97	2,46	577,52	1,751
CV (%)		12,66	12,21	11,80	10,31	13,70
Ciclo II						
PP	2	11,79**	78,77**	0,0522**	16114,18**	20,01**
VF	1	30,03**	69,03**	0,4293**	75345,73**	99,17**
PP*VF	2	12,79**	108,59**	0,2186**	15027,30**	24,64**
BLOCO	2	3,29 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,0270*	69,23 ^{ns}	0,37 ^{ns}
RESÍDUO	10	1,06	6,28	0,0050	417,94	0,48
CV (%)		2,42	10,42	6,04	7,89	3,59

FV = fator de variação; GL = grau de liberdade; PP = população de peixes, VF = volume de material filtrante, PP*VF = população de peixes * volume de material filtrante; CV = coeficiente de variação.

Na Tabela 5, analisando o desdobramento de população de peixes em relação ao volume de material filtrante e vice-versa, para o ciclo II. Observa-se para DCo, diferença significativa para PP30 e PP90, sendo que VF50 foi superior à VF70. Já para PP60, VF50 foi estatisticamente igual à VF70. Analisando as PP dentro de cada VF, observa-se que

em VF50, PP30 e PP90 foram estatisticamente iguais, sendo superiores à PP60. Já para VF70, os valores foram estatisticamente iguais para todas as populações de peixes.

Em relação ao NFO, não houve diferença significativa para PP30 e PP60, em relação aos VF. Apenas em PP90 houve diferença significativa. Já em relação ao volume de material filtrante, em VF50, PP90 obteve o maior valor sendo que PP60 ficou com o menor. Já para as PP dentro de VF70, as médias foram estatisticamente iguais para todas as populações de peixes.

No parâmetro DCa, houve diferença significativa para PP60 e PP90 em relação ao VF. Em PP30, os valores foram estatisticamente iguais. Analisando as PP dentro de cada VF, em VF50, PP90 obteve a melhor média e em VF70, o maior valor foi para PP30. Já PP60 e PP90, foram estatisticamente iguais.

Para a variável MFFo, houve diferença significativa entre as populações de peixes, em relação aos VF. Para as populações de peixes, em relação à VF70, os valores foram superiores em relação à VF50. Analisando as populações de peixe dentro dos volumes de material filtrante, percebe-se que em VF50, PP90 obteve o maior valor, sendo que PP30 e PP60 foram estatisticamente iguais. Em VF70, as médias foram estatisticamente iguais para todas as PP.

Para MSFo, houve diferença significativa para PP30 e PP90 e em PP60, os valores foram estatisticamente iguais. Em relação às PP dentro de cada VF, PP90 obteve o maior valor, sendo que PP60 ficou com a menor média. Em relação à VF70, os valores foram estatisticamente iguais para todas as populações de peixes.

Na tabela 5, estão apresentados os dados dos desdobramentos do ciclo II da interação de população de peixes dentro de cada nível de volume de material filtrante e vice-versa. Observa-se que os maiores valores foram relativos ao volume de material filtrante de 50L, para todas as variáveis.

Tabela 5. Desdobramento do ciclo II da interação de população de peixes (PP) dentro de cada nível de volume de material filtrante (VF) e vice-versa para diâmetro de copa (DCo, cm), número de folha (NFo), diâmetro de caule (DCa,c),, massa fresca da folha (MFFo, g) e massa seca da folha (MSFo, g) de plantas de alface cultivadas no sistema aquapônico.

VF (L)	PP		
	30	60	90
DCo			
50	45,00 aA	40,75 bA	45,75 aA
70	42,25 aB	41,16 aA	40,33 aB
NFo			
50	25,33 bA	18,75 cA	34,00 aA
70	24,33 aA	21,50 aA	20,50 aB
DCa			
50	1,17 bA	1,20 bA	1,61 aA
70	1,21 aA	0,95 bB	0,90 bB
MFFo			
50	273,57 bA	257,82 bA	440,37 aA
70	181,09 aB	204,81 aB	197,67 aB
MSFo			
50	20,58 bA	18,59 cA	26,01 aA
70	16,76 aB	17,44 aA	16,90 aB

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem dentro da população de peixes (PP) e letras maiúsculas iguais não diferem entre volume de material filtrante (VF) a 5% de probabilidade.

A Tabela 6, apresenta os resultados obtidos para MSFo, que foram significativos a 1% de probabilidade para o ciclo I. Considerando as populações de peixe, percebe-se que o maior valor foi para PP60. Em relação ao volume de material filtrante, a maior média foi para VF60.

Tabela 6. Massa seca das folhas de alface do ciclo I para população dos peixes (PP) e volume de material filtrante em sistema aquapônico

PP	MSFo (g)
30	8,54b
60	11,93a
90	8,50b
VF	MSFo (g)
40	8,44b
60	10,87 ^a

A atividade nitrificadora das bactérias aumentam a alcalinidade da água, conforme observado por Carrijo et al (2000) e Ebeling et al (2006). Conforme observado por Somerville et al.(2014), a água aquapônica naturalmente acidifica devido aos processos de nitrificação e respiração. Segundo o autor, as bactérias exercem suas funções adequadamente dentro de uma faixa de pH entre 6,0-8,5.

Resh (2012), observa que as plantas, no sistema hidropônico, se desenvolvem bem numa faixa de pH entre 5,5 e 5,8. Rakocy (2004), estudando alface cultivada no sistema aquapônico, concluiu que a faixa ideal para um bom desempenho da cultura se situa entre 7,0 e 7,6. Contudo, os altos valores de pH, segundo estudo realizado por Ferreira et al (2018), devem-se aos ácidos orgânicos liberados na solução pela decomposição dos compostos nitrogenados.

No presente trabalho, os valores médios de pH foram elevados, conforme pode-se observar na Tabela 8, não sendo adequado para o bom desenvolvimento da alface. Conforme observado, mesmo com as concentrações elevadas de pH, a alface se desenvolveu satisfatoriamente.

Ohse (2001), observou que a qualidade da alface produzida no sistema hidropônico obteve a mesma qualidade nutricional que no sistema convencional.

4.4 DISCUSSÃO

Analisando a condutância estomática (g_{sw}), foi notado que, no ciclo I, muitos dos maiores valores foram alcançados com um maior volume de material filtrante, com uma menor população de peixes. No ciclo II, observou-se que um menor volume de material filtrante, já inferiu valores significativos, o que leva a pensar que, o maior volume de material filtrante, com uma menor população de peixes, influenciou positivamente a condutância estomática, pois, houve condições para as bactérias se desenvolverem facilmente, efetuando a mineralização dos compostos, com subsequente liberação de nutrientes na água, que foram disponibilizados às plantas.

A condutância estomática é também dependente dos elementos minerais presentes na solução tais como o potássio (K). O potássio da solução, quando absorvido, chega às células-guarda, diminuindo o potencial osmótico. A planta então, começa a absorver água e as folhas ficam túrgidas e conseqüentemente, os ostíolos se abrem. Com os estômatos abertos, o CO_2 atmosférico passa então, para a cavidade subestomática, sendo depois utilizado na fotossíntese. Corroborando com os dados encontrados na literatura, neste experimento, os níveis de potássio foram os mais altos, o que supostamente, contribuiu para estimular a condutância estomática(g_{sw}).

Soares et al. (2015), em estudo realizado sobre alface hidropônica, sistema NFT, com diferentes soluções de água, observaram valores de condutância estomática de $0,65 \text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ para plantas normais e $0,10 \text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ para plantas estressadas. Ainda, Guerra, Costa e Tavares (2017), analisando a cultivar de alface Elba, em diferentes condições de sombreamento, encontraram valores de $0,92$ e $1,13 \text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

Neste trabalho, os valores de condutância estomática variaram de $0,28$ a $0,67 \text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ no ciclo I e entre $0,82$ a $1,68 \text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ no ciclo II, tendo se mantido dentro dos valores encontrados na literatura, o que foi suficiente para manter os níveis da taxa fotossintética (A), a taxa transpiratória(E), a concentração interna de CO_2 e a eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i).

Outro fator, muito importante de ser observado é que no sistema aquapônico, não há deficiência hídrica, pois, se houvesse, poderia diminuir a pressão de turgescência e por conseguinte, comprometer a condutância estomática (g_{sw}).

Silva et al. (2015), observaram que plantas cultivadas sob condições ótimas de disponibilidade hídrica, apresentam altas taxas transpiratórias (E). A disponibilidade de água controla a demanda por água na transpiração, mas, por outro lado, controla a condutância estomática que mantêm seus níveis elevados.

Taiz e Zaiger observaram que a fotossíntese e transpiração são processos independentes, mas que nos dois processos existe grande demanda por água. No sistema aquapônico não ocorre déficit hídrico e, em havendo luz e temperatura adequadas as taxas transpiratórias (E) e fotossintética(A) serão máximas.

Conforme observado por Silva et al. (2015), a eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i) depende da quantidade de CO_2 na câmara subestomática e no mesófilo foliar, além da luz e atividade enzimática para que ocorra a fotossíntese. Conforme pode-se observar na Tabela 2, a eficiência instantânea de carboxilação (A/C_i), não apresentou grandes diferenças significativas exceto para PP30.

Curiosamente, as melhores médias, foram para uma população de peixes menor, sendo, no ciclo I, Taxa transpiratória (E) = $10,26 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e no ciclo II, Taxa transpiratória (E) = $19,13 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para PP30/VF70 e para Taxa fotossintética(A) = $21,61 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para PP30/VF50.

Oliveira et al. (2005), observaram que para as alfaces crespas, o número médio de folhas foi de 14,56 no cultivo solteiro. Para a variável N_{Fo}, observa-se que o número médio de folhas esteve acima dos valores encontrados na literatura.

Sedyama et al. (2009), objetivou avaliar o número de folhas das variedades de alface americana, lisa e crespa e concluiu que as cultivares do grupo crespa obtiveram os menores desempenhos.

Martins (2021), analisando o desempenho agrônômico de alface no sistema hidropônico no município de Uruçuí (PI), obtiveram valores para o número de folhas, que oscilaram entre 15,8 e 18,7 folhas por planta.

Souza et al. (2020), em estudo realizado para análise do crescimento da alface sob diferentes sistemas de cultivo, obtiveram 24,41 folhas de alface no sistema NFT hidropônico, tendo se sobressaído ao substrato areia e mulching.

Mendes et al. (2021), analisando cultivares de alface em aquaponia, no município de três corações (MG), observaram que a cultivar crespa teve um menor desempenho, proporcionando 23,66 folhas por planta, ao passo que as cultivares americana, roxa e lisa, obtiveram 34,22, 33,00 e 32,22 folhas.

Blat et al. (2011), analisando a massa fresca de dez cultivares de alface, obtiveram uma massa fresca das folhas de 270,2 g planta, para a variedade Vanda. Em estudo semelhante, Santos et al. (2005), obtiveram uma massa fresca das folhas de 104,16 g planta, para a cultivar Verônica.

Corroborando com os valores encontrados na literatura, no presente trabalho o número de folhas variou de 18,75 a 34,00, o que evidencia que as médias estarem dentro da margem esperada, para esta variedade.

Sediyama (2009), observou que o número de folhas bem como a massa fresca das folhas pode variar segundo a cultivar, a temperatura e o fotoperíodo. No experimento em estudo, a massa fresca das folhas ficou entre 181,09 e 440,37, o que também evidencia estar dentro dos limites encontrados na literatura.

Os valores de pH, tanto para o ciclo I, como para o ciclo II, foram elevados. Summerfelt (2000), observou que a amônia se torna tóxica com temperatura e pH elevado. Segundo Tyson et al. (2008), o pH ideal para plantas, bactérias e peixes, se situa entre 5,5 e 6,5.

O produto do processo de conversão dos compostos nitrogenados, o nitrato, dependerá da quantidade de material filtrante. Assim, é importante que se tenha conhecimento fundamental acerca dos organismos vivos no sistema, para encontrar o equilíbrio entre a quantidade de compostos metabólicos liberados na água, a capacidade das bactérias em mineralizá-los e das plantas em absorver os produtos. Isto dependerá de inúmeros fatores, quer sejam, as espécies e densidades de peixes e plantas, estágios fenológicos da cultura e necessidades alimentares dos peixes (ENDUT et al., 2010; RAKOCY, 2012).

Muito embora os níveis observados de nitrito, e amônia estiveram altos, não foi constatado nenhum distúrbio fisiológico ou de crescimento nas alfaces.

4.5 CONCLUSÕES

Uma população de 30 peixes /m³ é suficiente para que se estabeleça um ambiente propício para ativar a condutância estomática da alface, e eficiência instantânea de carboxilação, bem como para estimular as taxas fotossintéticas e transpiratória das plantas, promovendo assim, o crescimento e desenvolvimento da alface aquapônica.

Ainda, a utilização de um maior volume de material filtrante, é importante para manter os níveis de qualidade da água adequados, quer seja pela redução do pH ou amônia.

4.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BLAT, S. F.; BRANCO, R. B. F.; TRANI, P. E. Desempenho de alface crespa em Ribeirão Preto, SP, no cultivo de primavera. **Pesquisa & Tecnologia**, 8(105), p. 1-9, 2011.

BRAZ FILHO, M. D. S. P. **Qualidade na produção de peixes em sistema de recirculação de água**. Centro Universitário Nove de Julho, São Paulo(SP), p.41, 2000.

CARRIJO, A., O. *et al.* Princípios de nutrição mineral, formulação e manejo da solução nutritiva. In: CARRIJO, A.O., MAKISHIMA, M. (Ed). **Princípios de hidroponia**. Brasília: Embrapa Hortaliças,(circular técnica 22),2000.

DALSGAARD, J.; LUND, I.; THORARINSDOTTIR, R.; DRENSTIG, A.; ARVONEN,K.; PEDERSEN, P., B. Farming diferente species in RAS in nordic countries: current status and future perspectives. **Aqua. Eng.** v. 53, p.2-13, 2013.

EBELING, J. M. Engineering analysis of stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic and heterotrophic control of ammonia-nitrogen in aquaculture production system. **Aquaculture**. Amsterdam,, v. 257, p.346-358,2006.

ENDUT, A.; JUSOH, A.; ALI, N.;NIK, W.B.W.;HASSAN, A. A study on the optimal hydraulic loading rate and plant ratios in recirculation aquaponic system. **Bioresour. Technolog.** 101, 1511-1517, 2010.

FERREIRA, R., A. **.Aprimoramento da compostagem do resíduos de podas e jardins por meio de técnicas de baixo custo**. Dissertação, 56 f. PPGAO, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2018.

GUERRA, A. M. N. M.; COSTA, A. C. M.; TAVARES, P. R. F. Atividade fotossintética e produtividade de alface cultivada sob sombreamento. **Revista Agropecuária Técnica**. Areia-PB, v.38, n.3, p.125-132, 2017.

GODDEK, S.; JOYCE, A.; KOTZEN, B.; BURNELL, G. M. **Aquaponics food Production's systems**. Springer, Switzerland, 619pg, 2019.

HAGER, J.; BRIGHT, L.A.; DUSCI, J.; TIDWELL, J. **AQUAPONICS PRODUCTION MANUAL – A practical handbook for growers**. Kentucky State University, vol. 1, 76 p., 2021.

HENZ, G. P.; SUINAGA, F. A. **Tipos de alface cultivadas no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2009.

KÖNIG, B.; JUNGE, R.; BITTSANSZKI, A.; VILLARROEL, M.; KOMIVES, T. On the sustainability of aquaponics. **Ecocycles Sci J Eur Ecocycles Soc 2** v.1, p. 26-32, 2016.

LENNARD, W.A., LEONARD, B.V. A comparison of three different hydroponic subsystems (gravel bed, floating and nutrient film technique) in a aquaponic test system. **Aquaculture International**, nº14, pg 539-550, 2006.

MARTINS, T. S. **Desempenho agrônômico de cultivares de alface em sistema hidropônico no município de Uruçuí-PI**. Monografia (Graduação em Agronomia), IFPiauí-Campus Uruçuí - Uruçuí-PI, 2021.

MENDES, F. T. de C.; FREITAS, A. S. de; ALCANTRA, E.; MARQUES, R. F. de P. V.; OLIVEIRA, A. S. de; BARBOSA, R. A.; PÁDUA, M. C. de; JUNQUEIRA, R. R. Desempenho agrônômico de cultivares de alface em aquaponia. **Research, Society and development**. V. 10, n. 9, 2021.

NICK, C.; BORÉM, A. **Alface: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Editora UFV, 228p, 2019.

OLIVEIRA, E.,Q.; et al. Cultivares de alface em segundo cultivo em sistemas solteiro e consorciado com duas variedades de cenoura. **Caatinga**, Mossoró, v.18, nº3, p.159-163,2005.

PINHO, S. M.; DAVID, L. H.; GARCIA, F.; KEESMAN, K. J.; PORTELLA, M. C.; & GODDECK, S. South american fish species suitable for aquaponics: a review. **Aquaculture international**,v. 29, p.1427-1449, 2021.

RAKOCY, J.,E.Aquaponic production of tilápia and basil: comparing a batch and staggered cropping system. **Acta Horticulture**. v. 648, p.63-69, 2004.

RAKOCY, J., E. (2012). Aquaponics integrating fish and plant culture; **Wiley-Blackwell: Hoboken**, NJ, USA, ;p.344-386, 2012.

RESH, H. M. Hydroponic Food Production. **CRC Press**, 7^aed. 560 p., 2012.

SANCHÉZ-MOREIRAS, A. M.; REIGOSA, M. J. **Advances in plants ecophysiology techniques**. Vigo, Spain, 2018.

SEDIYAMA, M. A. N.; PEDROSA, M. W.; SALGADO L. T.; PEREIRA, P. C. Desempenho de cultivares de alface para cultivo hidropônico no verão e no inverno. **Científica**, **37(2)** p. 98-106, 2009.

SANTOS, F. N.; ARAÚJO, J. R. G.; COSTA, E. M. R. C.; COSTA, E. P. B. C.; SILVA, J. C. B.; SILVA, J. R. Avaliação de cultivares de alface sob as condições de cultivo a ambiente protegido e à campo. **Horticultura Brasileira**, **23(20)**, p. 1-4, 2005.

SILVA, F. G.; DUTRA, W. F.; DUTRA, A. F.; OLIVEIRA, I. M.; FILGUEIRAS, L.M.B.; MELLO, A. S.de. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila em plantas de berinjela sob lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, 19(10),v.19,n.10, p.946-952, 2015.

SOARES, H. R.; SILVA E. F. de F.; SILVA, G. F.; PEDROSA, E. M. R.; ROLIM, M. M.; SANTOS, A. N. Crescimento e consume hídrico de alface americana cultivada com águas salobras em Sistema hidropônico.

SOMERVILLE, C.; COHEN, M.; PANTANELLA, E.; STANKUS, A.; & LOVATELLI, A. Small-scale aquaponic food production; integrating fish and plant farming. **FAO, Rome**, 2014.

SOUZA, S. V.; ALMEIDA, M. G.de; OLIVEIRA, L. E.do N.; SABBAG, O. J. Análise do crescimento de alface sob diferentes sistemas de cultivo. **RAF**, v.14, n.2, 2020.

SUMMERFELT, R. C. Water quality considerations for aquaculture **Aquaculture network Information Centre**, 2000.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**, 6ª ed , Porto Alegre: Artmed, 2006.

TYSON, R. V.; SIMONNE, E. H.; TREADWELL, D. D.; WHITE, J. M.;SIMONNE, A. Reconciling pH for ammonia biofiltration and cucumber yi in a recirculation aquaponic system with perlite biofilters. **Hortscience** **43**, p.719-724, 2008.

VERMEULEN, T.; KAMSTRA, A. The need for systems design for robust aquaponics systems in the urban environment. **Acta Horticulturae**, 1004, 2013.

CAPÍTULO II - ANÁLISES NUTRICIONAIS DA ALFACE CULTIVADA EM SISTEMA AQUAPÔNICO SOB DIFERENTES AMBIENTES

(Normas de acordo com a Revista Bragantia)

Resumo: A atividade aquapônica, conhecida milenarmente, têm evoluído substancialmente pelo aprimoramento das técnicas de produção, bem como dos materiais empregados para sua execução e pelo discernimento de sua funcionalidade, seus gargalos e otimizações. Para incrementar a produção desta cadeia produtiva, objetivou-se com o presente estudo avaliar os componentes nutricionais de alfaces produzidas em meio aquapônico de produção de tilápias. O experimento foi conduzido nas unidades do Setor de Irrigação e Drenagem do IF Goiano, Campus Rio Verde, Goiás, no período de janeiro a dezembro de 2020, em ambiente construído especificamente para tal fim. Compunha o sistema, dezoito unidades experimentais, cada uma integrada por reservatório, decantador, filtro biológico, bomba e aerador. As unidades abrigavam seis calhas, com 11 plantas /calha. O delineamento experimental foi bloco casualizado, em arranjo fatorial com três populações de peixes (30,60 e 90 peixes p/m³) e dois volumes de material filtrante (40 e 60 litros de argila) para o primeiro ciclo e (50 e 70 litros de argila) para o segundo ciclo, com três repetições. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo Teste de Tukey. Para a análise dos dados foi utilizado o programa computacional Sisvar. As variáveis biométricas foram analisadas ao final do ciclo da cultura, quando então foram obtidas a massa fresca e massa seca das folhas, que foram trituradas em um moinho e analisadas no Laboratório da UNESP/SP, quanto aos teores dos nutrientes. Foi constatado que para uma população de 30 peixes, o volume de material filtrante deve ser acima de 50L, para abrigar as bactérias, em quantidade suficiente para reciclar os compostos nitrogenados oriundos das excretas dos peixes, disponibilizando assim, os macros e micronutrientes necessários para o crescimento e desenvolvimento da alface aquapônica. Cuidados especiais devem-se ter, quando da retirada de resíduos sólidos dos decantadores para evitar o carreamento de nutrientes.

Palavras-chave: *Lactuca sativa*; *Oreochromis niloticus*; alface aquapônica do cerrado; Biofiltro; Análises nutricionais.

CAPÍTULO I – NUTRITIONAL ANALYSIS OF LETTUCE GROWN IN AQUAPONIC SYSTEM UNDER DIFFERENT ENVIRONMENTS

Abstract: The aquaponic activity, known millenary, has evolved substantially by the improvement of production techniques, as well as the materials used for its execution and by the discernment of its functionality, its bottlenecks and optimizations. To increase the production of this production chain, the present study aimed to evaluate the nutritional components of lettuces produced in aquaponic tilapia production medium. The experiment was conducted in the units of the Department of Irrigation and Drainage of IF Goiano, Rio Verde Campus, Goiás, from January to December 2020, in an environment built specifically for this purpose. It comprised the system, eighteen experimental units, each integrated by reservoir, decanter, biological filter, pump and aerator. The units housed six gutters, with 11 plants /trough. The experimental design was block casualised, in a factorial arrangement with three fish populations (30, 60 and 90 fish w/m³) and two volumes of filter material (40 and 60 liters of clay) for the first cycle and (50 and 70 liters of clay) for the second cycle, with three repetitions. The data obtained were submitted to variance analysis, and the means were compared by the Tukey Test. For data analysis, the Sisvar computer program was used. The biometric variables were analyzed at the end of the crop cycle, when fresh mass and dry mass of the leaves were obtained, which were crushed in a mill and analyzed in the Laboratory of UNESP/SP, so that we could get the contents of each nutrient. No symptoms of nutritional deficiency were observed in the plants. It was found that for a population of 30 fish, the volume of filter material should be above 50L, to house the bacteria, in sufficient quantity to recycle the nitrogen compounds derived from the excrement of fish, thus providing the macro and micronutrients necessary for the growth and development of aquaponic lettuce. Special care should be taken when removing solid residues from decanters, to avoid the supply of nutrients.

Keywords: *Lactuca sativa*; *Oreochromis niloticus*; Aquaponic biofilter; aquaponic lettuce of cerrado; Nutritional analyses.

5.1 INTRODUÇÃO

Composto os mais diversos pratos, a alface é a olerícola mais presente na mesa dos consumidores e se destaca por ser uma grande fonte de vitaminas e sais minerais (BLAT et al., 2011). No sistema convencional, a região sudeste concentra as maiores produções, sendo que no sistema hidropônico, Ibiúna se destaca como o maior produtor da olerícola (CEPEA,2020).

Para todos os seres vivos, os nutrientes básicos, carbono e hidrogênio, oxigênio, provêm da água e do gás carbônico, e em plantas, são transformados em açúcares através da fotossíntese. Mas, para o crescimento e desenvolvimento das plantas, outros nutrientes são requeridos, tais como N, P, K, S, Mg e Ca. Somerville et al. (2014) destaca que os micronutrientes Fe, B, Mo, Mn, Zn e Cl, são necessários às enzimas, para que ocorra a fotossíntese.

Nutrientes minerais são definidos, segundo muitos autores como aqueles elementos requeridos para completar o ciclo de vida de uma planta como também, componentes dos metabólitos essenciais e constituintes (BUCHANAN et al, 2015). Segundo Buchanan, a falta de um resulta em sintomas de deficiência específicos. Na aquaponia, todos os nutrientes provêm dos resíduos dos peixes. No total, são dezesseis nutrientes fundamentais e podem ser categorizados como imóveis e móveis. Os sintomas de deficiência dos móveis, aparecem nos tecidos velhos e dos imóveis, nos tecidos jovens.

Os nutrientes essenciais para o perfeito desenvolvimento das plantas na aquaponia, são dezesseis (HAGER et al., 2021). Geralmente, o cálcio, o potássio e o ferro precisam ser suplementados, pois na aquaponia, ficam sempre deficitários (SOMERVILLE et al., 2014; GODDEK, 2018; HAGER et al., 2021).

No sistema aquapônico, as excretas dos peixes e demais metabólitos lançados na água, são reduzidos a amônio, nitrito e nitrato. O nitrato absorvido é assimilado pela planta ou até mesmo acumulado nos vacúolos, dependendo de fatores genéticos e/ou ambientais (SÁNCHEZ-MOREIRA e REIGOSA, 2018).

Conforme Somerville (2014), os sistemas de produção podem ser o NFT (Nutrient Film Technique), o DWC (Deep Water Culture) e as Camas de cultivo. Dentre

os três, apenas as Camas de Cultivo necessitam de algum substrato inerte para a sustentação das raízes. Nos três sistemas, interagem três organismos vivos: os animais, as plantas e as bactérias. As bactérias possuem um papel fundamental. São elas quem irão degradar os compostos nitrogenados oriundos das excretas dos peixes, liberando os nutrientes para as plantas (GODDEK, 2018).

Os micronutrientes são requeridos em pequenas quantidades no sistema aquapônico (DELAIDE et al.2017). Dentre todos, o ferro merece atenção especial pois participa das reações de oxidação/redução, essenciais para a respiração mitocondrial nas reações da luz da fotossíntese, como também, está presente na fosforilação oxidativa e em metaloproteínas, tais como a ferredoxina (BUCHANAN et al, 2015). O manganês (Mn), participa do complexo de evolução do oxigênio. Outros, mesmo não sendo elementos estruturais, atuam como cofatores (TAIZ e ZAIGER, 2006). A maioria dos sintomas de deficiência envolvem amarelecimento das folhas (tais como ferro, manganês, molibdênio e zinco). Contudo, o cobre pode enegrecer as folhas (SOMERVILLE et al., 2014).

Conforme estudos realizados por Somerville et al. (2014), deficiências de ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo) e zinco (Zn), provocam o amarelecimento das folhas. Nozzi et al., (2018), observaram que a suplementação de Fe ou Fe com macronutrientes, estimula o crescimento e aumenta a produção de alface.

O boro(B) e o zinco (Zn), são muito limitantes do crescimento vegetal. Segundo Malavolta (2006), a deficiência de qualquer um desses elementos retarda o desenvolvimento vegetal. O boro, participa do desenvolvimento meristemático e está diretamente ligado à biossíntese da parede celular. O zinco é integrante de importantes enzimas, além de atuar na transcrição do DNA, entre outras funções.

Neste estudo, objetivou-se analisar os elementos minerais, separadamente, afim de obter uma variável quantitativa, para cada elemento. Os valores encontrados nos deram uma informação acerca das suas quantidades, das suas deficiências, ou das suas normalidades.

Entender melhor a relação existente entre as populações de peixes e volumes de material filtrante e os nutrientes produzidos na interação destes com as bactérias, é o objeto deste estudo.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 Área experimental

O experimento foi conduzido no Instituto Federal Goiano, Campus de Rio Verde, no período de janeiro a dezembro de 2020. As coordenadas geográficas da área experimental são 17°48'28'' S e 50°53'57'' O, com altitude média de 720 m do nível do mar.

Os parâmetros agrometeorológicos monitorados durante a condução do experimento, nos foram fornecidos pelo INMET. As precipitações médias anuais foram de 1330,6 mm anuais e a temperaturas médias foram de 29,5 °C para máxima e 18,8°C para mínima.

5.2.2 Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado, foi blocos casualizados, em arranjo fatorial com três populações de peixes, sendo (PP30=30; PP60 = 60; PP90 = 90 peixes reservatório⁻¹ e dois volumes de material filtrante, sendo (VF40=40 e VF60=60) para o primeiro ciclo e (VF50 = 50 e VF70 = 70 litros de argila expandida), para o segundo ciclo, com três repetições, totalizando 18 parcelas experimentais.

5.2.3 Implantação e condução experimental

a. Ambiente experimental

O local do experimento foi coberto com tela de sombreamento com índice de proteção de 50% com fio de polietileno, dezoito caixas d'água, com capacidade de 1 m^3 cada uma, constituindo assim, dezoito tratamentos, conjugadamente instaladas sobre estrado de madeira. As calhas foram instaladas com 2% de declividade, a fim de que a água escoasse por gravidade não ultrapassando velocidade média de $1,5\text{ m s}^{-1}$. Compunham ainda o sistema, seis perfis de polipropileno, com 4.5 m de comprimento, distanciados a cada 15 cm e com 15 cm entre os orifícios e 11 plantas por perfil. Para o crescimento inicial das mudas, houve um berçário (bancada de desenvolvimento) com 15 perfis de polipropileno, nas mesmas dimensões. O sistema contou ainda, com um filtro biológico e um sistema decantador, cada qual com $0,2\text{ m}^3$ uma bomba com vazão de 2700 L/h.

A partir do reservatório, a água passava pelo decantador, pela parte inferior da bombona, através do *overflow*. A seguir, a água era transferida para o biofiltro, sendo após, bombeada para os canais de cultivo. O excesso de resíduos era retirado com o auxílio de uma peneira. A oxigenação do sistema foi feita por um Aerador Soprador, com capacidade de 1,5 cv, distribuído igualmente em todos os tratamentos.



B- Reservatório



C- Decantador



D- Filtro Biológico

Figura 6. Configuração do sistema aquapônico. Em (A), os perfis; em (B), o reservatório; em (C), o decantador e em (D), o filtro biológico.

b. Produção das mudas

Foram utilizadas 650 sementes para cada ciclo, da variedade Vanda. Preventivamente, foi produzido 10% a mais de mudas para o caso de necessidade de replantio. As bandejas com as espumas foram cobertas, mantidas no escuro por um período de 72 horas para a quebra da dormência. Todos os dias, as bandejas com as sementes foram irrigadas com solução nutritiva recomendada por Furlani (1999).

Após o período de germinação, as mudas foram transferidas para o berçário, onde permaneceram 7 dias. Após foi feito um desbaste, ficando em média 3 plantas por espuma fenólica e quando as plantas apresentaram 3 a 4 folhas, foram transplantadas ao local definitivo, nos perfis de crescimento.

As mudas foram produzidas em espuma fenólica, 2x2 cm, tendo sido colocadas 12 sementes por célula hidropônica onde, após a quebra da dormência, foram irrigadas com solução nutritiva recomendada por Furlani (1997). Na célula hidropônica, as mudinhas ficaram sete dias, sendo depois levadas ao berçário, onde ficaram mais sete dias. Após esse período, quando as plantas apresentaram 3 a 4 folhas, foram transplantadas ao local definitivo, nos perfis de crescimento.

c. Origem da água

A água utilizada era proveniente de um poço artesiano, mantida sem nenhum tratamento, durante todo o ciclo da cultura. Os valores de pH, nitrito, nitrato e amônia, estão descritos nas tabelas 7 e 8, tanto para o ciclo I, quanto para o ciclo II.

d. Espécie dos peixes

A espécie de peixe utilizada foi a *Oreochromis niloticus*, a tilápia do Nilo. Os peixes, com peso aproximado de 90 gramas, foram colocados nas caixas, uma semana antes do transplante das alfaces, afim de as bactérias nitrificadoras se alojassem no material filtrante e iniciassem a sua função. Os peixes foram alimentados 2x ao dia, com

ração comercial extrusada, com 37% de proteína bruta. As excretas produzidas pelos peixes, passavam pelo decantador e após, para o filtro biológico, onde as bactérias nitrificadoras, mineralizavam os compostos nitrogenados em produtos mais simples, liberando os nutrientes que, diluídos na água, ficavam disponíveis às plantas.

e. Operações e manejo do sistema

Durante todo o experimento foram realizadas operações de manutenção, quer sejam, de limpeza das tubulações e bombas, com a utilização de jatos d'água. Diariamente, foram monitorados todos os componentes, visando a substituição de alguma peça ou desentupimento. Semanalmente, foram realizadas operações de retirada do excesso de material sólido dos decantadores, pela utilização de uma peneira. Ainda, todas as semanas, verificava-se o volume de água para repor o que era perdido por evaporação.

5.2.4. Declaração de Ética

De acordo com o que estabelece a Lei 11.794 de 08 de outubro de 2008 e o Decreto Nº6.899 de 15 de julho de 2009, bem como, de acordo com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CNCEA), o estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética no Uso de Animais do Instituto Federal Goiano(CEUA/IF Goiano).

5.2.5. Variáveis analisadas

Depois de determinadas a massa seca das plantas de alface, as amostras foram moídas em um triturador elétrico e enviadas ao Laboratório da UNESP, onde foram feitas as análises dos nutrientes constituintes. Foram avaliados os teores dos macronutrientes em Mg/Kg de nitrogênio(N), fósforo(P), potássio(K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S); como também, os micronutrientes, boro (B), cobre (Cu), manganês (Mn) e zinco (Zn) e ferro (Fe).

5.2.6. Análises estatísticas

Primeiramente foi feito o levantamento do banco de dados, a correção dos dados discrepantes pela média (soma e divisão). A seguir, os dados foram submetidos à análise de variância pelo Teste F ao nível de 5% de probabilidade, selecionando as variáveis que foram significativas para o teste de médias (Tukey). Após, gerou-se a ANAVA, com software SISVAR[®], selecionando os dados significativos, para gerar as tabelas.

5.3 RESULTADOS

Na Tabela 7, são apresentados os resultados obtidos para nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), de plantas de alface cultivadas em sistema aquapônico com diferentes populações de peixes e volumes de material filtrante. No ciclo I, houve diferença significativa para a interação PP x VF para N, K, Ca, Mg e S. Para o ciclo II, houve diferença significativa na interação PPxVF , para N, K, Ca e S.

Tabela 7. Resumo da ANAVA dos ciclos I e II da população de peixes (PP) e volume de material filtrante (VF) para os teores de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S)

FV	GL	Quadrados Médios					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Ciclo I							
PP	2	2,75 ^{ns}	1,3950**	381,59**	32,43**	8,68**	0,155 ^{ns}
VF	1	0,14 ^{ns}	0,0012 ^{ns}	0,72 ^{ns}	59,40**	7,60**	2,205**
PP*VF	2	8,91**	0,0950 ^{ns}	51,44**	14,81**	0,91*	0,405**
BLOCO	2	2,92 ^{ns}	0,1516 ^{ns}	1,07 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,027 ^{ns}
RESÍDUO	10	0,90	0,0991	2,09	0,30	0,22	0,041
CV (%)		2,34	4,79	3,89	3,36	7,39	6,29
Ciclo II							
PP	2	15,08 ^{ns}	0,027 ^{ns}	58,14**	164,2686**	0,234 ^{ns}	0,1674**
VF	1	11,48 ^{ns}	7,106**	186,18**	0,0068 ^{ns}	0,680 ^{ns}	0,0220 ^{ns}
PP*VF	2	73,73**	0,357 ^{ns}	357,23**	134,5939**	0,294 ^{ns}	0,9208**
BLOCO	2	0,57 ^{ns}	0,120 ^{ns}	1,37 ^{ns}	3,8958 ^{ns}	0,026 ^{ns}	0,0048 ^{ns}
RESÍDUO	10	4,89	0,134	2,97	2,9292	0,427	0,0209
CV (%)		5,62	5,41	4,96	5,35	9,16	5,13

FV = fator de variação; GL = grau de liberdade; PP = população de peixes, VF = volume de material filtrante, PP*VF = população de peixes * volume de material filtrante; CV = coeficiente de variação. Os elementos químicos foram expressos em Mg/Kg.

Na Tabela 8, estão apresentados os dados do desdobramento da interação de população de peixes (PP) dentro de cada nível de volume de material filtrante (VF) e vice-versa.

Tabela 8. Desdobramento da interação de população de peixes (PP) dentro de cada nível de volume de material filtrante (VF) e vice-versa para os teores de nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) para o ciclo I e nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca) e enxofre (S) na massa seca de alface do sistema aquapônico.

VF (L)	PP		
	30	60	90
Ciclo I			
N(Mg/Kg ⁻¹)			
40	42,30aA	40,50abA	39,00bB
60	40,60abA	39,80bA	41,93aA
K			
40	31,65cA	37,45bA	41,85aB
60	26,95cB	36,55bA	48,65aA
Ca			
40	22,40aA	15,50cA	17,05bA
60	15,25aB	12,85bB	15,95aB
Mg			
40	8,60aA	5,50cA	6,90bA
60	6,40aB	4,70bA	6,00aB
S			
40	2,85aB	3,10aB	2,70aB
60	3,25bA	3,50bA	4,00aA
Ciclo II			
N			
50	39,02aA	36,15aB	40,53aA
70	36,64bA	45,85bA	38,01aA
K			
50	40,16aA	41,67aA	32,14bB
70	31,95bB	20,78cB	41,95aA
Ca			

50	32,13aB	28,17bA	35,57aA
70	42,64aA	25,70bA	27,64bB
S			
50	3,32aA	2,61bA	2,42bB
70	2,62bB	2,66bA	3,28aA

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem dentro da população de peixes (PP) e letras maiúsculas iguais não diferem entre volume de material filtrante (VF) a 5% de probabilidade. Os elementos químicos foram expressos em Mg/Kg.

Ciclo I:

Para os teores de nitrogênio, houve diferença significativa apenas para PP90, sendo que VF60 foi superior à VF40. Para PP30 e PP60, os valores foram estatisticamente iguais. Em relação às PP dentro de cada volume de material filtrante, em VF 40, os valores foram estatisticamente iguais, para todas as PP. Com relação ao VF60, PP30 foi estatisticamente igual à PP90, sendo superiores à PP60.

Para o elemento potássio (K), as médias tiveram diferença significativa para as populações de peixe de 30 e de 90, sendo que para PP30, VF40 foi superior à VF60, já para PP90, observa-se o contrário: VF60 superou VF40. Para PP60, as médias foram estatisticamente iguais. Em relação às populações de peixe dentro dos volumes de material filtrante, em VF40, o maior valor foi para PP90 e PP30 obteve o menor valor. Para VF60, o comportamento foi similar. O maior valor foi para PP90 e o menor para PP30.

Para o nutriente cálcio (Ca), observou-se diferença significativa para todas as populações de peixes, em relação ao volume de material filtrante, sendo que as maiores médias foram para VF40. Analisando as populações de peixe dentro dos volumes de material filtrante observou-se que, em VF40, a maior média foi para PP30 e a menor foi para PP60. Em VF60, PP30 e PP90 foram estatisticamente iguais e superiores à PP60.

Analisando o elemento magnésio (Mg), notou-se que houve diferença significativa para as populações de peixes PP30 e PP90. Em PP60, os valores foram estatisticamente iguais. Em relação às PP dentro de cada VF, observa-se que, para VF40,

PP30 obteve o maior valor, sendo que PP60 foi o menor. Com relação a VF60, PP30 foi estatisticamente igual a PP90, sendo superiores à PP60.

Para o elemento enxofre (S) as médias das populações de peixes em relação ao VF40, foram superiores em relação ao VF60. Analisando as PP dentro de cada VF, em VF40, as médias foram estatisticamente iguais para todas as populações de peixes. Já para VF60, em PP90, observou-se a maior média sendo que PP30 e PP60 foram estatisticamente iguais.

No ciclo II, analisando o nitrogênio (N), entre os VF, para uma PP de 30, observou-se que não houve diferença significativa. Já para PP60, houve diferença significativa, sendo VF70 superior à VF50. Agora, para PP90, os valores de VF foram estatisticamente iguais. Analisando as PP dentro de cada VF, verifica-se que em se usando uma VF de 50, os valores foram estatisticamente iguais para todas as PP. Já, para VF70, a maior média foi para PP90, sendo que PP30, foi estatisticamente igual à PP60.

Para o elemento potássio (K), observou-se diferenças significativas para todas as populações de peixe, em relação aos volumes de material filtrante, sendo que para PP30, e PP60, Os maiores valores foram para VF50. Já para PP90, o maior valor foi para VF70. Analisando as PP dentro de cada VF, observou-se que para VF50, PP30 e PP60 foram estatisticamente iguais e superiores à PP90. Já para VF70, a maior média foi para PP90 e a menor foi para PP60.

Para variável teor de cálcio (Ca), também houve diferenças significativas para todas as populações de peixes, em relação aos volumes de material filtrante. Analisando os volumes de material filtrante, notou-se que em VF50, os maiores valores foram para PP60 e PP90. Já para VF70, os maiores valores foram para PP30 e PP60.

Para o enxofre (S), observou-se que houve diferenças significativas para PP30 e PP90, em relação aos volumes de material filtrante, porém, com comportamento distinto. Em PP30, VF50 foi superior à VF70. Já para PP90, VF70 foi superior à VF50. Em PP60, os valores foram estatisticamente iguais. Analisando as PP dentro de cada volume de material filtrante, em VF50, a maiores médias foi para PP30, sendo PP60 e PP90 estatisticamente iguais. Analisando VF70, o maior valor foi para PP90. Em PP30 e PP60, os valores foram estatisticamente iguais.



Figura 7. Alface padrão, colhida no sistema.

Tabela 9. Análise de fósforo (P) da alface para população de peixes (PP) no ciclo I e volume de material filtrante (VF) no ciclo II em sistema aquapônico.

Ciclo I	
PP	P
30	7,12 ^a
60	6,22 ^b
90	6,37 ^b
Ciclo II	
VF	P
50	7,42 ^a
70	6,16 ^b

Obs. Os elementos químicos foram expressos em Mg/Kg.

Analisando isoladamente o fósforo (P) onde houve diferença significativa no ciclo I, observou-se que a maior média foi para a PP30. Considerando os volumes de material filtrante, no ciclo II, notou-se que em VF50, a média foi maior.

Na Tabela 10, são apresentados os resultados obtidos para B, Cu, Fe, Mn e Zn. De alfaces cultivadas em sistema aquapônico, com populações de peixes (PP) de 30, 60 e 90 e volumes de material filtrante (VF) de 40 e 60 para o primeiro ciclo e 50 e 70 litros de argila, para o segundo ciclo.

No ciclo I, houve diferença significativa para Fe, Mn e Zn, para a interação PP x VF. O fator isolado PP, foi significativo para B e Cu. Para o ciclo II, houve diferença significativa na interação PP VF, para B, Cu, Fe e Mn. Para o fator isolado PP, houve diferença significativa para o elemento Zn.

Tabela 10. Resumo da ANAVA dos ciclos I e II da população de peixes (PP) e volume de material filtrante (VF) para os teore de boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) em plantas de alface cultivadas em sistema hidropônico.

FV	GL	Quadrados Médios				
		B	Cu	Fe	Mn	Zn
Ciclo I						
PP	2	161,06**	7,156**	1371,24**	26873,89**	161,39*
VF	1	1,88 ^{ns}	0,147 ^{ns}	9009,74**	1001,57*	122,46 ^{ns}
PP*VF	2	21,78 ^{ns}	0,274 ^{ns}	3095,05**	2123,77**	881,87**
BLOCO	2	1,02 ^{ns}	0,282 ^{ns}	78,88 ^{ns}	83,37 ^{ns}	8,63 ^{ns}
RESÍDUO	10	5,95	0,165	77,62	117,81	32,35
CV (%)		5,13	10,30	3,90	8,16	5,30
Ciclo II						
PP	2	27,70**	50,525**	13856,49**	12628,34**	1434,87*
VF	1	190,45**	1,940 ^{ns}	6520,43**	10270,78**	820,12 ^{ns}
PP*VF	2	72,37**	45,421**	6185,72**	7945,22**	574,87 ^{ns}
BLOCO	2	1,18 ^{ns}	0,084 ^{ns}	123,41 ^{ns}	37,03 ^{ns}	168,04 ^{ns}
RESÍDUO	10	1,69	0,644	190,11	33,46	309,04
CV (%)		5,36	6,53	5,53	3,36	11,88

FV = fator de variação; GL = grau de liberdade; PP = população de peixes, VF = volume de material filtrante, PP*VF = população de peixes * volume de material filtrante; CV = coeficiente de variação. Os elementos estão expressos em Mg/Kg.

Na Tabela 11, estão apresentados os dados do desdobramento da interação PP dentro de cada nível de VF

Tabela 11. Desdobramento da interação de população de peixes (PP) dentro de cada nível de volume de material filtrante (VF) e vice-versa para os teores de ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) para o ciclo I e boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe) e manganês (Mn) para o ciclo II da massa seca de alface do sistema aquapônico.

VF (L)	PP		
	30	60	90
Ciclo I			
Fe			
40	227,20aA	164,34bB	219,90aB
60	228,51bA	256,26aA	260,90aA
Mn			
40	61,75bA	170,10aA	189,82aA
60	63,30cA	112,12bB	201,48aA
Zn			
40	100,60bA	122,45aA	107,05bB
60	105,60bA	89,55cB	119,30aA
Ciclo II			
B			
50	33,27aA	26,01bA	23,33bA
70	18,75bB	23,91aA	20,43bB
Cu			
50	18,50aA	9,39bA	10,00bB
70	12,00bB	9,50cA	14,42aA
Fe			
50	283,50aA	250,50bA	271,00abA
70	284,00aA	138,30bB	268,50aA
Mn			
50	153,50aA	163,67aB	128,00bB
70	131,00cB	286,50aA	171,00bA

Médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem dentro da população de peixes (PP) e letras maiúsculas iguais não diferem entre volume de material filtrante (VF) a 5% de probabilidade. Os elementos químicos foram expressos em Mg/Kg.

Analisando o elemento ferro (Fe), observamos que houve diferença significativa para PP60 e PP90, sendo que, nas duas PP, VF60 teve um melhor desempenho. Já para PP30, os valores foram estatisticamente iguais. Agora analisando as PP dentro dos VF, para VF40, PP30 e PP90, foram estatisticamente iguais e superiores à PP60. Já para VF60, PP60 e PP90 tiveram as melhores médias, sendo superiores à PP30.

Para a variável manganês (Mn), houve diferença significativa para PP60, sendo que VF40 apresentou o maior valor. Analisando AS PP dentro do VF, em VF40, PP60 foi estatisticamente igual a PP90, sendo as médias, superiores à PP30. Já para VF60, PP60 e PP90 foram estatisticamente iguais e superiores à PP30.

O elemento zinco (Zn), apresentou diferenças significativas para PP60 e PP90, porém com comportamento distinto. Para PP60, VF40 obteve a melhor média, já para PP90, VF60 foi melhor. Analisando as PP dentro dos VF, em VF40, PP60 obteve a melhor média, sendo que PP30 e PP90 foram estatisticamente iguais. Já para VF60, PP90 teve o melhor desempenho.

No ciclo II, houve diferenças significativas para PP30 e PP90, sendo que nos dois casos, VF40 obteve os melhores valores. Em PP60 as médias foram estatisticamente iguais. Agora, analisando PP dentro de cada VF, em VF40, PP30 obteve o melhor resultado. Já para VF60, PP60 obteve o maior valor.

A variável cobre (Cu), apresentou diferenças significativas em PP30 e PP90, sendo que para PP30, VF50 foi melhor. Já para PP90, a melhor média foi para VF70. Analisando as PP dentro dos VF, em VF50, PP30 foi melhor. Já para VF70, PP90 obteve a melhor média.

O ferro (Fe), neste ciclo, apresentou diferenças significativas apenas em PP60 sendo que, VF50, apresentou a maior média. Analisando as PP dentro de cada VF, em VF50, a melhor média foi para PP30. Em VF70, PP30 e PP90 foram estatisticamente iguais e superiores à PP60.

A variável manganês (Mn), apresentou diferenças significativas para todas as populações de peixes, sendo que em PP30, VF50 obteve a maior média. Para PP60 e PP90, o melhor desempenho foi para VF70. Agora, analisando as PP dentro dos VF, em VF50, PP30 e PP60 foram estatisticamente iguais e superiores à PP90. Para VF70, a maior média foi para PP60.

Na Tabela 12, estão apresentados os dados que foram significativos do boro(B) e cobre (Cu), no ciclo I e do zinco (Zn), no ciclo II, para as três populações de peixes estudadas.

Tabela 12. Boro (B) e cobre (Cu) para o ciclo I e zinco (Zn) para o ciclo II da matéria seca de alface cultivado com diferentes populações de peixes (PP) em sistema aquapônico.

Ciclo I		
PP	B	Cu
30	49,45a	3,85b
60	41,67b	5,07 ^a
90	51,49a	2,90c
Ciclo II		
PP	Zn	
30	146,00ab	
60	164,25 ^a	
90	133,50b	

Os elementos químicos foram expressos em Mg/Kg.

Analisando o boro (B), no ciclo I, podemos observar que o menor valor foi para PP60. Já o cobre (Cu), PP60 obteve o maior valor, e o menor valor foi para PP90.

No ciclo II, analisando o zinco, notamos que a maior média foi para PP60. Para PP30 e PP90, as médias foram estatisticamente iguais.

5.4 DISCUSSÃO

Os teores de nitrogênio(N) nas folhas de alface, variaram de 39,00 a 42,30 no ciclo I e de 36,15 a 45,85 no ciclo II, respectivamente. Considerando que o nitrogênio é constituinte de aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos e clorofila (Taiz e Zaiger, 2006), este pré-requisito contribuiu decisivamente nos resultados pois observou-se nos dois ciclos, produção semelhante.

Em estudo realizado, Colla et al. (2018), encontraram altos níveis de N, P, K, Na e Cl, nos tecidos das plantas de manjeriço e tomate, cultivados na aquaponia, sugerindo que a solução aquapônica precisa ser diluída depois de cada colheita.

Goddek et al. (2015) observaram que a alta disponibilidade de Ca e Mg, podem causar precipitação do P, causando baixa disponibilidade para as plantas, na aquaponia. No sistema aquapônico, o P dissolvido fica em torno de 1,1%, sendo suficiente para garantir o crescimento das plantas (GODDEK et al, 2015).

Goddek et al. (2019) e Yildiz et al. (2017), observaram que a solubilidade do fósforo(P), depende do pH. Segundo os autores, altos valores de pH provocam a precipitação do fósforo, que se torna indisponível, sendo perdido, quando da retirada do lodo com a peneira. Pouco se sabe sobre a dinâmica do fósforo na aquaponia (GODDEK, 2019).

Com relação ao fósforo, observa-se pouca diferença significativa nos dois ciclos analisados. Coutinho et al. (2008), aplicando diferentes doses de fósforo em diferentes cultivares de alface, observaram que não houve muita diferença nos teores de fósforo das folhas de alface.

Segundo relatado por Colla et al. (2018), os níveis de P, variam entre 1-7 mg L⁻¹, na maioria dos estudos aquapônicos. No presente estudo os níveis de fósforo ficaram acima deste valor, no ciclo I, para a PP e no cicloII, para VF.

Furlani et al. (1999) e Almeida et al. (2011), observaram ser o potássio (K), o elemento mais requerido pela alface, independente da cultivar utilizada. Segundo Almeida et al., (2011), a sequência do acúmulo de nutrientes na alface, obedeceu a seguinte sequência: K>N>Ca>P>Mg>S>Fe>Mn>Zn>Cu>B.

Já Kano et al. (2011), obtiveram uma sequência quase idêntica: K>N>Ca>Mg>P>S>Fe>Mn>Zn>B>Cu. Porém, no presente trabalho, a sequência obtida foi: K>Ca>N>Mg>S>P>Fe>Mn>Zn>B>Cu.

O manganês (Mn), é um micronutriente que, segundo Somerville et al. (2014), tem a sua absorção afetada em pH maior que 8,0. Como podemos observar na tabela 13, os menores valores para este elemento, foram no ciclo I, onde justamente o pH, foi menor. Isto pode ter acontecido por ter havido uma restrição à sua absorção, devido a presença da amônia.

Carneiro et al. (2015) observaram que a atividade das bactérias no biofiltro leva a redução nos níveis de pH, devido aos íons hidrogênio liberados na água durante o processo de nitrificação.

Segundo Fernandes et al. (2002), a presença da amônia (NH₄), restringe a absorção de Manganês (Mn). Bagioni (2021), observou que a associação entre as bactérias nitrificantes e o cultivo hidropônico são eficientes para manter a qualidade da água e reduzir os níveis tóxicos da amônia. Hundley et al. (2002), em estudo realizado com alface na hidroponia, sinaliza que quanto maior a quantidade de peixes, maior será a demanda por ração e com isto maior será a quantidade de nutrientes como produto.

O que se pode constatar, observando as médias alcançadas é que os valores aumentaram conforme aumentou a população de peixes. Isto nos faz supor que seja devido à relação: população de peixes/consumo de ração. Uma maior quantidade de ração, confere uma maior disponibilidade de nutrientes, no caso, o potássio. Conforme podemos ver na tabela 10, houve diferenças significativas, mas, esta variação nos leva a pensar que muitas vezes, o potássio encontrava-se retido no lodo do sistema e foi perdido quando da retirada deste.

Segundo Cakmak e Kirkby (2008), a presença de outros cátions concorrentes podem afetar a absorção de Mg. Ainda, a interação entre Na, Ca e Mg, pode ser uma das causas da redução da biomassa da parte aérea do tomate, manjeriço e alface, cultivados na aquaponia.

Malavolta (2006), observa que os cátions monovalentes (K^+ , NH_4^+ , Mg^+ e Mn^+), competem entre si, sendo mais rapidamente absorvido pelas raízes, diminuindo a absorção de Cálcio (Ca).

Segundo Yang e Kim (2020), a solução aquapônica, comparada à hidropônica, contém altos níveis de íons tóxicos de nitrito e amônia, que podem influenciar negativamente na produção de biomassa da parte aérea de manjeriço, tomate e alface aquapônicas.

Somerville et al. (2014), recomenda adicionar 3mg/L de ferro, caso as plantas estejam amarelado. Em estudo realizado, Marschner (1995), concluiu que altas concentrações de Mn, restringem a absorção de Fe.

O pH não foi ajustado neste estudo o que pode ter afetado a disponibilidade dos micronutrientes. Martinez (2002), observou que sob pH acima de 6,5, o ferro, pode se tornar indisponível às plantas, por sofrerem precipitações.

Segundo Somerville (2014), o pH é um ponto crucial na aquaponia pois, pode afetar negativamente a disponibilidade dos nutrientes. Souza et al. (2010) observou que os micronutrientes Fe, Mn, Zn, Cu e B, têm sua disponibilidade diminuída em pH acima de 7,0.

Yogev et al. (2016), observam que o lodo pode conter 40% dos nutrientes nas excretas dos peixes. Goddek (2019) adverte que a retirada do lodo, a renovação da água do sistema e a desnitrificação, podem motivar a perda de nutrientes. A desnitrificação acontece pela presença de bactérias desnitrificadoras e condições favoráveis para o seu metabolismo.

Resh (2013) sinaliza que é preciso monitorar constantemente as concentrações de nutrientes em cada compartimento e suplementá-los, para prevenir deficiências. Goddek et al. (2019), observaram que ainda não foram determinados valores médios ideais de nutrientes para a aquaponia.

Analisando os resultados estatísticos, notamos diferenças divergentes entre os valores. Com isso, supõe-se que as diferenças são devido à retirada de lodo do sistema que carrega consigo os elementos minerais contidos nele, contrapondo as expectativas. Rafiee e Saad (2005) estudando o ciclo dos nutrientes e lodo na produção de tilápia

vermelha, observaram que muito dos nutrientes foram contidos nos alimentos dos peixes e em até 40%, foram encontrados no lodo. Yogev (2016), analisando os nutrientes no atual modelo aquapônico, obtiveram resultados semelhantes.

Ainda, cabe ressaltar que estes contrapontos remetem a uma reflexão mais profunda, acerca das interações iônicas, sinérgicas, antagônicas ou inibitórias que podem num determinado momento variar, comprometendo ou facilitando a absorção de um determinado nutriente. Dependendo das propriedades físico-químicas, quer sejam valência ou raio iônico, dois íons podem competir pelo mesmo transportador e serem absorvidos ou não.

As interações podem acontecer sob determinadas condições, tais como variações no pH ou concentração de um elemento em detrimento de outro, por exemplo. Estas interações podem ter reflexos na composição mineral das plantas (MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA, 2006).

Na verdade, mais informações são necessárias para entender os ciclos de cada nutriente, de que forma, como ele pode ou não ser transformado pelos microrganismos, como se dá a absorção pelas plantas na aquaponia e as interações entre as diferentes espécies de plantas e peixes, bem como os parâmetros ideais da água para um perfeito funcionamento do sistema aquapônico (GODDEK,2019).

5.5 CONCLUSÕES

Foi constatado que uma população de 30 peixes e o volume de material filtrante acima de 50 L, são requisitos suficientes para garantir o aporte de nutrientes para as plantas;

Observou-se no experimento, variações significativas de macro e micronutrientes, devido aos altos valores de pH, que provocaram a precipitação de nutrientes, que conseqüentemente, foram perdidos juntamente com o excesso de resíduos retirados dos decantadores;

A utilização de um biofiltro com maior capacidade, proporcionou uma maior atividade das bactérias nitrificadoras, disponibilizando mais nutrientes para as plantas;

Outra ponderação deve ser feita com relação às interações iônicas, que podem ter alterado a absorção dos elementos minerais. Faz-se, portanto, necessário, um estudo mais aprofundado sobre essas interações, para uma melhor comprovação dos efeitos discrepantes;

A aquaponia é um sistema de produção de alface bastante promissor e para um melhor desempenho das plantas, é necessário um monitoramento constante de algum sintoma de deficiência que possa advir.

5.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, T. B. F.; PRADO, R.de M.; CORREA, M. A. R.; PUGA, A. P.; BARBOSA, J. C. Avaliação nutricional da alface cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. **Revista Biotemas**, v.24, n.2, 2011.

BIAGIONI, C. R. **Desempenho produtivo e qualidade da água em um sistema de aquaponia contendo tilápias em diferentes densidades de cultivo, alfaces e macrófitas aquáticas**. Tese de doutorado. UFSCar, Sorocaba, SP, 2021.

BARBIERI, E.; MELO, D. J. F.; ANDRADE, L.F.; PEREIRA, E. W. L. Condutividade elétrica ideal para o cultivo hidropônico da alface em ambiente tropical. **Horticultura Brasileira**. V.28, p.303-308, 2010.

BLAT, S.F.; SANCHEZ, S. V.; ARAÚJO, J. A. C.; BOLONHEZI, D. Performance of lettuce cultivars grown in two environments, in the NFT hydroponic system. **Horticultura Brasileira**, 29 (1), 2011.

BUCHANAN, B. B.; GRUISSEM, W.; JONES, R. L. **Biochemistry & molecular biology of plants**. John Wiley & Sons, Ltd, 2ªed., Chichester, UK, 2015.

CAKMAK, I.; KIRKBY, E. A. Role in magnesium carbon partitioning and alleviating photooxidative damage. **Physiol. Plant**. 133, p. 692-704, 2008.

CARNEIRO, P., C., F., MARIA, A., N., NUNES, M., U., C., FUGIMOTO, R. Aquaponia: produção sustentável de peixes e vegetais. **Aquicultura no Brasil: novas perspectivas**. Pedro e João editores, v.2, p.683-706, 2015.

CEPEA USP/ESALQ. Anuário 2020/2021. **Hortifruti Brasil**, 8, p. 18, 2021.

COCK, W. R. S.; AMARAL JUNIOR, A. T.; BRESSAN SMITH, R. E.; MONNERAT, P. H. Biometrical analysis of phosphorus use efficiency in lettuce cultivars adapted to high temperatures, v. 126, nº 1, p.299-308, 2002.

COLLA, G.; KIM, H. J. KYRIAUCOU, M. C.; ROUPHAEL, Y. Nitrate in fruits and vegetables. **Sci. Hortic.** 237, p. 221-238, 2018.

COUTINHO, E. L. M.; CARVALHO, F. P. de; FRANCO, H.C.J.; ORIOLI JÚNIOR, V.; COUTINHO NETO, A. M.; UETA, F. Z. Adubação fosfatada em cultivares de alface cultivada em solos diferentes. **Nucleus**, v.5, n.2, 2008.

DELAIDE, B.; DELHAYE, G.; DERMIENCE, M.; GOTT, J.; SOYEURT, H.; JIJAKLI, M. H. Plant and fish production performance, nutrient mass balances, energy, and water use of the PAFF box, a small-scale aquaponic system. **Aqua. Eng.**, 78, p. 130-139, 2017.

FERNANDES, A. A., MARTINEZ, H. E. P., PEREIRA, P. R. G., FONSECA, M. C. M. Produtividade, acúmulo de nitrato e estado nutricional de cultivares de alface, em hidroponia, em função de fontes de nutrientes. **Horticultura Brasileira** 20, 2002.

FURLANI, P. R.; BOLONHEZI, D.; SILVEIRA, L. C. P.; FAQUIN, V. Nutrição mineral de hortaliças, preparo e manejo de soluções nutritivas. **Informe Agropecuário**, v.20, n.200-201, p. 90-98,1999.

GODDEK, S.; DELAIDE, B; MANKASINGH, U.; RAGNARSDOTTIR, K. V.; JIJAKLI, H.; THORARINSDOTTIR, R. Challenges of sustainable and comercial aquaponics. **Sustainability**, 7, p.4199-4224, 2015.

GODDEK, S.; JOYCE, A.; KOTZEN, B.; BURNELL, G. M. **Aquaponics food Production's systems**. Springer, Switzerland, 619pg, 2019.

GRABER, A.; JUNGE, R. Aquaponics systems: nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. **Desalination**, 246, p. 147-156, 2009.

HAGER, J.; BRIGHT, L.A.; DUSCI, J.; TIDWELL, J. **AQUAPONICS PRODUCTION MANUAL – A practical handbook for growers**. Kentucky State University, vol. 1, p. 28-31, 2021.

HENZ, G. P.; SUINAGA, F. A. **Tipos de alface cultivadas no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2009.

HUNDLEY, G.C. **Aquaponia, uma experiência com tilapia (*Oreochromis niloticus*), manjericão (*Ocimum basilicum*) e manjerona (*Origanum majorana*) em sistemas de recirculação de água e nutrientes**. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade de Brasília, UnB-Brasília, 2013.

JONES JUNIOR, J. B., WOLF, B., MILLS, H. A. Plant analysis handbook, a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide Georgia, **USA: micro-macro**, 183p., 1991.

KANO, C.; CARDOSO, A. I. I.; VILLAS BÔAS, R.L. Acúmulo de nutrientes pela alface destinada à produção de sementes. **Horticultura Brasileira**, v. 29, p.70-77, 2011.

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

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2^a ed., New York: Academic Press, 889p., 1995.

MARTINEZ, H., E., **P.O uso de cultivo hidropônico de plantas em pesquisa**. Viçosa, 2002.

NICK, C.; BORÉM, A. **Alface: do plantio à colheita**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2019, 228p.

RAFIEE, G.; SAAD, C. R. Nutrient cycle and sludge production during diferents stages of red tilápia(*Oreochromis sp.*) growth in a recirculation aquaculture system. **Aquaculture** 244:109-118, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**, 6^a ed , Porto Alegre: Artmed, 2006.

NOZZI, V.; GRABER, A.; SCHMAUTZ, Z.; MATHIS, A.; JUNGE, R. Nutrient management in aquaponics: Comparision on three approaches of cultivating lettuce, mint, and mushroom herb. **Agronomy journal**, v.8, ed.3, p. 8-27, 2018.

SALA, F. C.; COSTA, C. P. Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, v.30, n^o2, p.187-194, 2012.

SOMERVILLE, C.; COHEN, M.; PANTANELLA, E.; STANKUS, A.; & LOVATELLI, A. Small-scale aquaponic food production; integrating fish and plant farming. **FAO, Rome**, 2014.

SOUZA, L. H.; FERREIRA NOVAIS, R.; ALVAREZ, V.; VICTOR, H.; ALBUQUERQUE, V.; ECILA, M. de. Efeito do pH no solo rizosférico de plantas de soja inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* na absorção de boro, cobre, ferro, manganês e zinco. **Revista Brasileira de Ciência do solo**. v.34, n.5, p. 641-652, 2010.

RESH, H. M. Hydroponic food production: a definitive guidebook for the advanced home gardener and commercial hydroponic grower. 7^a ed. **Crc Press**, Hoboken, 2013.

YILDIZ, H. Y., ROBAINA, L., PHIRONEN, J., MENTE, E., DOMÍNGUEZ, D., PARISI, G. Fish welfare in aquaponics systems: its relation to water quality with an emphasis on feed and feces- a review. **Water** **9**, 2017.

YANG, T.; KIM, H. J. Characterizing nutrient composition and concentration in tomato, basil and lettuce based aquaponic and hydroponic systems. **Water**, Purdue University, 2020.

YOGEV, U.; BARNES, A.; GROSS, A. Nutrients and energy balance analysis for a conceptual model of a three loops off grid, aquaponics. **Water** **8**, 2016.