

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

MARCELO DAS NEVES CARNELOSE

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA AGÚA EM SISTEMA AQUAPONICO
COM ASSOCIAÇÃO ENTRE OREOCHROMIS NILOTICUS E PLANTAS DE
ERUCA VESICARIA E LACTUCA SATIVA**

MEDIANEIRA

2022

MARCELO DAS NEVES CARNELOSE

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA AGÚA EM SISTEMA AQUAPONICO
COM ASSOCIAÇÃO ENTRE OREOCHROMIS NILOTICUS E PLANTAS DE
ERUCA VESICARIA E LACTUCA SATIVA**

**Water quality monitoring in aquaponic system with association between
Oreochromis niloticus and Eruca vesicaria and Lactuca sativa plants**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Tecnólogo do Curso Técnico Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Carla Cristina Bem

MEDIANEIRA

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

MARCELO DAS NEVES CARNELOSE

**MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA AGÚA EM SISTEMA AQUAPONICO
COM ASSOCIAÇÃO ENTRE OREOCHROMIS NILOTICUS E PLANTAS DE
ERUCA VESICARIA E LACTUCA SATIVA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Tecnólogo do Curso Técnico Ambiental da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Data de aprovação: Vinte e um de junho de dois mil e vinte e dois

Dra. Carla Cristina Bem
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Cidmar Ortiz dos Santos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Fábio Orssatto
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

MEDIANEIRA

2022

Dedico este trabalho à minha família, amigos e todos
que me apoiaram na elaboração e execução desse
trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os entes queridos que fizeram parte desta fase extremamente importante em meu caminho. Aos meus familiares pelo apoio e por me fazerem perseverante mesmo nas dificuldades, em especial a minha irmã Rafaela, cunhado Vander e sobrinhos Vander Rafael e Felipe.

Agradeço a minha orientadora.

E agradeço, enfim, a todos os que contribuíram para a realização desta pesquisa.

RESUMO

O crescimento da população mundial e o aumento da demanda por alimento e água, implica na necessidade de maior produção de alimentos, e um maior investimento em pesquisas para sistemas mais produtivos e econômicos. O Sistema de Aquaponia, permite o reaproveitamento dos nutrientes presente no efluente causado pela piscicultura que seriam descartados para o crescimento de hortaliças, proporcionando a reutilização da água no cultivo dos peixes. O objetivo desse trabalho foi avaliar um Sistema de Aquaponia, por meio do crescimento de Tilápias *Oreochromis niloticus*, e da qualidade da água e remoção de nutrientes do efluente piscícola pela hortaliça alface crespa *Lactuca sativa*, e pela rúcula *Eruca vesicaria*. Foi avaliado o desempenho dos peixes, e impactos na qualidade da água. O estudo foi conduzido em uma estufa onde foi instalado um tanque para criação de peixes e um tanque para o canteiro de mudas, no período de quarenta e sete dias. Foram feitas análises na água de entrada do sistema, tanque de peixes e canteiro de mudas, foi verificado parâmetros da água, fosforo total dissolvido, nitrato e turbidez, pH e sólidos totais dissolvidos, obtidos na água bruta que iniciou o sistema e nos pontos de monitoramento de saída do tanque de peixes e do canteiro de mudas. Os resultados mostram que houve uma diferença nas avaliações do efluente dos peixes através da alface e rúcula. Porém estudos complementares devem ser realizados para avaliar a densidade ideal de plantas, para identificar o equilíbrio no consumo dos nutrientes e maior eficiência do tratamento.

Palavras-chave: Aquaponia; Tilápia; Alface; Rúcula.

ABSTRACT

The growth of the world population and the increase in the demand for food and water, implies the need for greater food production, and a greater investment in research for more productive and economical systems. The Aquaponics System allows the reuse of nutrients present in the effluent caused by pisciculture that would be discarded for the growth of vegetables, providing the reuse of water in the cultivation of fish. The objective of this work was to evaluate an Aquaponics System, through the growth of Tilapia *Oreochromis niloticus*, and the water quality and removal of nutrients from the fish effluent by the curly lettuce vegetable *Lactuca sativa*, and by the arugula *Eruca vesicaria*. Fish performance and impacts on water quality were evaluated. The study was conducted in a greenhouse where a tank for raising fish and a tank for the seedling bed were installed, within a period of forty-seven days. Analyzes were carried out in the inlet water of the system, fish tank and seedling bed, water parameters were verified, total dissolved phosphorus, nitrate and turbidity, pH and total dissolved solids, obtained in the raw water that started the system and in the points of monitoring the output of the fish pond and the seedling bed. The results show that there was a difference in the evaluations of the fish effluent through lettuce and arugula. However, complementary studies must be carried out to evaluate the ideal density of plants, to identify the balance in the consumption of nutrients and greater efficiency of the treatment.

Keywords: Aquaponics; Tilapia; Lettuce; Arugula.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1– Sistema básico de Aquaponia.....	18
Fotografia 1 - Estufa onde foi realizado o experimento	25
Fotografia 2 - Bancada de mudas	26
Fotografia 3 - Peixe na implantação do experimento	27
Fotografia 4 - Amostra de água coletada para análise.....	30
Fotografia 5 - Indivíduos mortos.....	31
Fotografia 6. - Peixes mortos	39
Gráfico 1 – Monitoramento do pH no canteiro de mudas e tanque de peixes	33
Gráfico 2 – Concentração de sólidos dissolvidos totais no canteiro de mudas e tanque de peixes	34
Gráfico 3 – Concentração de fósforo total dissolvido	35
Gráfico 4 – Concentração de nitrato no tanque canteiro de mudas e tanque de peixes.....	36
Gráfico 5 – Turbidez no tanque de peixes e canteiro de mudas	39

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1 – Caracterização da qualidade da água bruta	32
Quadro 1 - Formas de reuso da água	16
Quadro 2 – Composição da ração fornecida	28
Quadro 3 – Sensores utilizados no monitoramento da qualidade da água	29
Quadro 4- Metodologia e limites de quantificação dos parâmetros analisados.....	30
Quadro.5- Análise Estatística do Monitoramento do Fósforo total dissolvido nitrato e turbidez no canteiro de mudas e tanque de peixes	40
Quadro 6- Análise Estatística do monitoramento do PH e TDS no canteiro de mudas e tanque de peixes	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
OD	Oxigênio dissolvido
TDS	Sólidos dissolvidos totais
PPM	Partes por milhão
N	Nitrogênio
P	Fósforo
K	Potássio
Ca	Cálcio
Mg	Magnésio
S	Enxofre
NH ₃ ⁺	Amônia
Cl	Cloro
Mn	Manganês
B	Boro
Zn	Zinco
Fe	Ferro
Cu	Cobre
Ni	Níquel
Mo	Molibdênio

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVO	15
2.1 OBJETIVO GERAL.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
3.1 REUSO DA ÁGUA.....	16
3.2 AQUAPONIA	17
3.3 FATORES QUE INTERFEREM NO SISTEMA DE AQUAPONIA	19
3.4 AQUICULTURA	21
3.5 HIDROPONIA	23
4 METODOLOGIA	25
4.1 DESCRIÇÃO DO EXPERIMENTO	25
4.2 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA.....	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1 MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA ÁGUA ANTES E APÓS O USO NO SISTEMA DE AQUAPONIA.....	32
5.2 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS DADOS.....	40
6 CONCLUSÃO	42
REFERÊNCIAS.....	43

1 INTRODUÇÃO

No século XX, a população mundial aumentou mais de três vezes, enquanto o consumo de água aumentou em nove vezes, aproximadamente, estudos apontam que, atualmente, mais de um bilhão de pessoas não tem acesso a água potável e a serviços de saneamento básico, a crise discutida em nível global torna-se mais grave neste terceiro milênio, por um lado, devido ao crescente aumento populacional, ao aumento da poluição dos recursos naturais e ao consumo excessivo; por outro lado, ocasionada pela falta generalizada de políticas que orientem a minimização dos desperdícios em diferentes escalas e de políticas de reuso de água (BRASIL, FREITAS E SANTOS, 2004).

A água é um dos compostos de maior distribuição e importância na crosta terrestre e cobre cerca de 70% da mesma. É o elemento essencial e indispensável à manutenção da vida, não apenas por suas características peculiares, mas pelo fato de que nenhum processo metabólico ocorre sem sua ação direta ou indireta (MOTA et al., 2017). Nestas condições, torna-se imprescindível que sua presença no ambiente esteja em quantidade e qualidade apropriadas para sua posterior utilização (ESTEVES, 1998; REBOUÇAS, 2002).

A falta de tratamento de esgoto e dejetos animais na zona rural tem forçado a busca por soluções práticas, econômicas e eficientes para tratamento e reuso de águas. No Brasil, o reuso tem sido incentivado como forma de minimizar a escassez de água potável e a degradação de mananciais causada pelo despejo direto de esgotos e resíduos (<https://tratamentodeagua.com.br/artigo/tratamento-efluentes-reuso-agua-agricola/>).

A prática do reuso se processa de forma direta, quando o efluente, após tratamento é utilizado no ponto de aplicação. Também pode ocorrer de forma indireta quando o efluente é aplicado após a passagem por um curso d'água. O reuso ainda pode ser planejado, quando atende as exigências ambientais e sanitárias, sendo esta a forma mais adequada da sua aplicação.

A Aquaponia é a modalidade de produção de alimento resultado da interligação entre a aquicultura e a hidroponia, através de um sistema intensivo de cultivo com recirculação de água, resultando em baixo consumo de água e alto aproveitamento de resíduo orgânico gerado. Portanto, é uma alternativa de produção de peixes e vegetais menos impactante ao meio ambiente, com

possibilidade de ser implantação em residências e apartamentos, como também em grandes complexos comerciais. No sistema de aquaponia há uma interação entre os organismos aquáticos cultivados (peixes) e plantas, em geral hortaliças. Nesta interação, ocorre o reaproveitamento dos restos de ração, das excretas dos peixes entre outros produtos que por meio da ação de microrganismos são disponibilizados na água na forma de nutrientes e minerais que são assimilados pelas plantas.

Nesse contexto, esse trabalho tem como objetivo avaliar as alterações na qualidade de água de um sistema de Aquaponia.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar em um sistema de Aquaponia em relação a remoção de nutrientes e os impactos na qualidade da água.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar físico-quimicamente a água utilizada no sistema de Aquaponia;
- Caracterizar físico-quimicamente a água após o uso no sistema de Aquaponia;
- Verificar a possibilidade de reutilizar essa água no mesmo processo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Reuso da água

Na busca do desenvolvimento de atividades que estejam de acordo com os objetivos da sustentabilidade, em que estas devem ser economicamente viáveis, ecologicamente corretas e socialmente justas, é necessário considerar a prática do reuso de águas como uma das boas opções para amenizar a problemática da oferta hídrica (SANTOS et al., 2009) deixando disponível água de melhor qualidade para os fins que assim a necessitem, como é possível observar quadro 1.

Quadro 1 - Formas de reuso da água

Formas de reuso	Características
Direto	Uso planejado de esgotos tratados para certa finalidade, como uso industrial, irrigação e água potável.
Indireto	Quando a água, já utilizada, uma ou mais vezes para uso doméstico ou industrial, é descartada nas águas superficiais ou subterrâneas e utilizada novamente, mas de forma diluída.
Planejado	Quando esse resultado de uma ação planejada e consciente, adiante do ponto de descarga do efluente a ser usado.
Não planejado	Caracterizado pela maneira não intencional e não controlada em sua utilização.
Potável	Com a finalidade de abastecimento da população.
Não potável	Objetiva atender a demanda que tolera águas de qualidade inferior (fins industriais, recreacionais, irrigação, descarga em vasos sanitários, entre outros).
Potável direto	O esgoto é recuperado através de tratamento avançado e injetado diretamente no sistema de água potável.
Potável indireto	O esgoto depois de tratado é lançado nas águas superficiais ou subterrâneas para diluição e purificação natural, objetivando uma posterior captação e tratamento.

Fonte: Adaptado de Mancuso e Santos (2003)

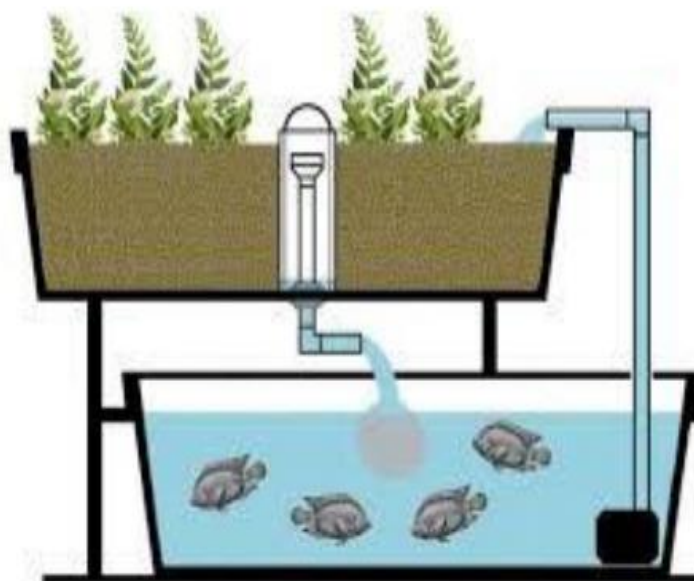
3.2 Aquaponia

Aquaponia significa a união entre o cultivo de organismos aquáticos (aquicultura) com o cultivo de plantas na água (hidroponia), e tem sido proposta como tecnologia eficiente, dentro do contexto de reuso de água, de mínima produção de resíduos e, de utilização dos espaços e recursos naturais (RAKOCY, 2007), produzindo a partir de sistemas de recirculação de água e nutrientes. Portanto, a Aquaponia devido às suas características de sustentabilidade, apresenta-se como alternativa real para a produção de alimentos de maneira menos impactante ao meio ambiente (HUNDLEY; NAVARRO, 2013).

Este processo permite que os peixes, as plantas e as bactérias prosperem simbioticamente e atuem harmonicamente, criando um ambiente saudável para o crescimento de todos, desde que o sistema esteja sempre equilibrado e, desta forma, o efluente não é liberado para o meio ambiente, servindo como fonte de nutrientes para as plantas (HUNDLEY; NAVARRO, 2013).

O sistema é basicamente composto por 3 compartimentos: tanques de peixes, tanques de hidroponia e o tanque de filtração (Figura 1). Em alguns tipos de sistema, o sistema de filtração não separa por compartimento de filtração mecânica e biológica. Alguns autores consideram que seja importante incluir os compartimentos 2 entre outros (RAKOCY; MASSER; LOSORDO, 2006).

Sistemas de aquicultura e hidroponia adequadamente projetados e bem manejados podem ser considerados alternativas ambientalmente responsáveis para produção de hortaliças cultivadas em campo e para a pesca silvestre. A partir da combinação destes sistemas a Aquaponia se ajusta à definição de agricultura sustentável combinando a produção de plantas e animais, integrando o fluxo de nutrientes por ciclos biológicos naturais (nitrificação) e faz o uso mais eficiente dos recursos não renováveis (TYSON et al., 2011).

Figura 1 – Sistema básico de aquaponia

Fonte: <http://www.guiadailhacomprida.com/wp-content/uploads/2014/06/foto-projeto-aquaponia-300x169.jpg>

O volume de água necessário é muito menor se comparado aos sistemas tradicionais de agricultura e aquicultura, pois uma vez o sistema é abastecido e está em funcionamento, pode ficar tempo indeterminado sem a necessidade da troca de água, sendo necessário somente um pequeno volume para repor as quantidades perdidas por evaporação e manejo, como colheitas (VASCONCELOS, 2019). Sendo também mais eficiente na utilização da água e geração de efluente que a própria hidropônia, que necessita constantemente de renovar a solução nutritiva. Nos sistemas aquapônicos a única entrada de insumos é o fornecimento de ração aos peixes, que ao se alimentarem produzirão excretas, posteriormente convertidas em nutrientes que serão absorvidos pelas plantas (VASCONCELOS, 2019).

Estudos realizados por Corso (2010) apud Oliveira (2016), apontam que a quantidade de água gasta em um sistema de recirculação para o cultivo de 1 kg de peixe é de apenas 27,5% do total de água gasta em um sistema piscícola convencional.

No Brasil ainda são escassos os estudos sobre Aquaponia, mas outros países como Canadá, Austrália, Estados Unidos, México e Israel pesquisas têm sido realizadas e com resultados satisfatórios (CARNEIRO et al., 2015; CORSO, 2010 apud OLIVEIRA, 2016). Nestes países, a maior parte dos produtos oriundos da

Aquaponia são das produções de pequena escala, sendo encontradas também produções em larga escala. Situa-se na Alemanha umas das maiores propriedades que adotam sistema aquapônico no mundo e, com um investimento de pouco mais de 1 milhão de euros, destaca-se como uma das maiores estruturas já construídas com a capacidade de produzir anualmente 35 toneladas de verduras e legumes e 25 toneladas de peixes (CARNEIRO et al., 2015; CORSO, 2010 apud REIS 2020).

Entretanto, segundo Carneiro et al. (2015) apud Oliveira (2016), as desvantagens do sistema aquapônico são a dependência de energia elétrica, dependência de conhecimento básico de biologia, fitotecnia, piscicultura, hidráulica e engenharia. Outras desvantagens encontradas por Herbert (2008) e Braz Filho (2000) apud Oliveira (2016), são alto custo de investimento inicial, pouca tecnologia e informações difundida no Brasil, e limitações quanto a utilização de agrotóxicos e antibióticos.

3.3 Fatores que interferem no sistema de Aquaponia

Alguns fatores interferem de forma direta no sistema de Aquaponia, sendo os principais pH da água, temperatura da água e oxigênio dissolvido.

O pH da água é de extrema importância para um sistema aquapônico, para as plantas é indicado que o pH seja de 6 a 6,5, o que permite a assimilação de nutrientes, fora desta faixa de pH, as plantas começam a ter dificuldades em absorver nutrientes (DUARTE, 2018). Os peixes, por sua vez, toleram faixas específicas de pH, mas na Aquaponia, a maioria dos peixes utilizados aceitam o pH de 6 a 8,5 (SOMERVILLE et al., 2014 apud DUARTE, 2018).

O nível de pH pode impactar a atividade das bactérias nitrificantes e prejudicar o ciclo de conversão da amônia em nitrato (TYSON et al. 2014 apud DUARTE, 2018), o intervalo ideal de pH seja de 6 a 8,5 para o crescimento das bactérias devido à capacidade de adaptação a ambientes diversos. Porém, para Aquaponia, o intervalo de pH adequado torna-se mais restrito, limitado entre 6 a 7, uma vez que, esta é a faixa que atende simultaneamente plantas e peixes (TYSON et al., 2004 apud DUARTE, 2018).

A faixa de pH de 6,5 a 9,0 é geralmente sugerida para a criação de peixes, mas a faixa ótima pode diferir dependendo das espécies. Valores baixos de pH são indesejáveis, pois reduzem o crescimento e até mesmo a reprodução dos peixes (LOPES et al., 2001 apud DUARTE, 2018).

A temperatura da água é um parâmetro significativo, não só para as bactérias, mas para a Aquaponia em geral. A faixa ideal para o crescimento das bactérias nitrificantes está compreendida entre 17 e 34°C. No caso de queda da temperatura da água para patamares inferiores a faixa ideal, a produtividade (conversão da amônia em nitratos) das bactérias diminui devido a redução das taxas metabólicas. Abaixo de 10°C, a produtividade pode ser reduzida em 50% ou mais. Baixas temperaturas são capazes de causar grandes danos a sistemas aquapônicos, e por este motivo, devem ser evitadas em todas as épocas do ano, principalmente no inverno (SOMERVILLE et al., 2014 apud DUARTE, 2018).

Estas informações condizem com o que Cox et al., (2009) apud Zoppas, Bernardes e Meneguzzi (2016) constatou para temperaturas inferiores a 15°C. Nesta temperatura, ocorre diminuição da atividade de Nitrosomonas e Nitrobacter. Além disso, quando a temperatura decrescia a 10°C a eficiência da nitrificação decrescia a níveis menores do que 65% (ZOPPAS, BERNARDES E MENEGUZZI, 2016).

Ainda de acordo com Somerville et al., (2014) apud Duarte (2018), em geral, o intervalo mais indicado de temperatura para a Aquaponia está entre 18 e 30°C. Todavia, altas temperaturas podem restringir a absorção de cálcio pelas plantas, diminuir os níveis de oxigênio dissolvido, assim como aumentar os níveis de amônia tóxica. A fim de reduzir a influência negativa da temperatura em regiões onde ocorre muita oscilação desta variável, aconselha-se a escolha de peixes e plantas nativas da região, garantindo assim, uma maior adequabilidade destes indivíduos ao clima local (DUARTE, 2018).

Segundo Somerville et al., (2014) apud Duarte (2018), o oxigênio é essencial para todos os três organismos na Aquaponia. As bactérias nitrificantes necessitam de oxigênio dissolvido (OD) na água a todo momento, a fim de manter altos níveis de produtividade, esta reação de oxidação é e utiliza o oxigênio como reagente, sem oxigênio, a reação é interrompida (DUARTE, 2018).

Para Hidaka et al. (2002) apud Zoppas, Bernardes e Meneguzzi (2016), o oxigênio é um dos parâmetros mais relevantes na nitrificação, já que concentrações

menores que 2 mg/L podem limitar parcial ou totalmente a atividade das bactérias nitrificantes.

Níveis ótimos de oxigênio estão na faixa de 4-8 miligramas por litro indicam um ambiente aquático com baixos ou nenhum nível de poluição. Quando há concentração do OD está abaixo de 2 mg/L, a nitrificação tem seu processo reduzido (DUARTE, 2018). Além disso, baixas concentrações de OD podem induzir o desenvolvimento de outros tipos de bactérias, estas, capazes de converter os nitratos em nitrogênio molecular, através de uma rota metabólica anaeróbica conhecida como desnitrificação (SOMERVILLE et al., 2014 apud DUARTE, 2018).

3.4 Aquicultura

Aquicultura é a produção de organismos com hábitat predominantemente aquático, em cativeiro, em qualquer um de seus estágios de desenvolvimento. A atividade se caracteriza por três componentes: o organismo produzido deve ser aquático, deve existir um manejo para a produção, a criação deve ter um proprietário, ou seja, não é um bem coletivo como são as populações exploradas pela pesca (VALENTI, 2002). A aquicultura utiliza recursos naturais, manufaturados e humanos, tais como: terra, água, energia, ração, fertilizantes, equipamentos, mão de obra, portanto, estes devem ser usados de forma racional para que a atividade seja perene e lucrativa. Introduziu-se o conceito de "Aquicultura Sustentável" (ou "Aquicultura Responsável") para designar a forma desejável de se produzir organismos aquáticos, sem degradar o meio ambiente, com lucro e com benefícios sociais (RANA, 1997. apud VALENTI 2002).

No Brasil ainda não existe uma divulgação ampla da Aquaponia para correlacionar sua produtividade com espécies nativas. Portanto, para a escolha de uma espécie nativa deve-se atentar a alguns fatores importantes como a densidade de estocagem, temperatura da água, disponibilidade de alevinos ou juvenis (HUNDLEY, 2013; CARNEIRO et al., 2015 apud OLIVEIRA, 2016). De acordo com Oliveira (2016) as espécies de peixes ideais para o cultivo em sistema aquapônico estão relacionadas com o cultivo das plantas, devido à cada espécie de peixe ter uma característica de qualidade de água desejada para expressar seu melhor desempenho produtivo e que possua uma maior resistência a maiores

concentrações de nitrogênio no sistema assim como as plantas. A melhor escolha seria a combinação da espécie do peixe combinada com a espécie da planta, tentando encaixar parâmetros como faixa ideal de pH e temperatura parecidos, para beneficiar os dois cultivos obtendo melhores resultados (CALÓ, 2011 apud OLIVEIRA, 2016).

Os peixes requerem o equilíbrio correto entre proteínas, carboidratos, gorduras, vitaminas e minerais para crescerem de maneira saudável. Dentre os componentes necessários para a alimentação ideal, a proteína é o componente mais importante para o ganho de massa nos peixes. Os peixes onívoros como a tilápia e a carpa comum precisam de 25 a 35% de proteína em sua dieta, enquanto peixes carnívoros precisam de até 45% de proteína para crescer em níveis ideais (SOMERVILLE et al., 2014 apud DUARTE, 2018).

A densidade de peixes estocada tem relação direta com a quantidade de plantas a ser produzida e, por sua vez, é ela que, será responsável por disponibilizar os nutrientes para as plantas. A literatura apresenta várias formas de estimar essa relação, sendo a mais utilizada aquela sugerida por Rakocy et al., (2006) apud Carneiro et al. (2015), que relaciona a quantidade de alimento fornecido diariamente aos peixes com o tamanho da área que pode ser cultivada com hortaliças e vegetais. De acordo com o autor, de 60 g a 100 g de ração fornecidos diariamente proporcionam nutrientes para cada m² de área de produção vegetal. Nesse caso, 60 g/dia deve ser considerado para o cultivo de um metro quadrado de vegetais menos exigentes, como as folhosas (RAKOCY et al., (2006) apud CARNEIRO et al. (2015).

Segundo Duarte (2018) uma das principais espécies de peixes cultivadas nesse sistema é a tilápia (*Oreochromis niloticus*), essa espécie é amplamente reconhecida como as espécies de maior potencial para diversos sistemas de cultivo, desde o cultivo familiar em pequena escala, até sistemas superintensivos, sendo cultivada em todo o mundo por possuir elevada resistência a parasitas, a patógenos e ao manejo. Entre as diversas espécies de tilápia, a tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*) é a mais comum na aquicultura mundial (EKNATH et al, 1993 apud DUARTE, 2018). Embora as tilápias possam tolerar brevemente a água em temperaturas extremas, entre 14 a 36°C, elas não se alimentam ou crescem abaixo de 17°C, quando há temperatura está abaixo de 12°C, esta espécie não sobrevive (DUARTE, 2018). Portanto, a gama ideal para a tilápia é 27-30°C, o que garante uma boa taxa de crescimento (SOMERVILLE et al., 2014 apud DUARTE, 2018).

Sua produção apresenta uma série de vantagens como: boa adaptação ao ambiente, rápido crescimento, capacidade de filtração, conversão alimentar aparente satisfatória e alta rusticidade (ZIMMERMANN et al., 2001 apud PAIVA et al., 2015).

Somerville et al. (2014) apud Duarte (2018), recomenda que a criação de tilápia não deve ser realizada em regiões com invernos muito rigorosos, a menos que a água seja aquecida. Revela ainda, que em condições ideais, as tilápias podem crescer de um peixe com 50 g até a sua maturidade (500 g) em cerca de 6 meses.

As tilápias são peixes onívoros, isto é, comem alimentos à base de plantas e animais, possuem uma boa aceitação tanto a rações, quanto a plantas aquáticas em sua dieta (DUARTE, 2018).

3.5 Hidropônia

Segundo Carneiro et al. (2015) apud Oliveira (2016), as espécies de plantas mais recomendadas para o cultivo aquapônico são as espécies adaptadas a hidroponia, pois elas toleram altos teores de água em suas raízes, suportam oscilações nos teores de nutrientes dissolvidos na solução nutritiva sem apresentar deficiência nutricional. A escolha deve ser realizada por questões de limitações, como espaço, nutrição, temperatura, radiação solar entre outros fatores.

Tempos atrás, pensava-se que apenas plantas nutricionalmente menos exigentes e mais rústicas poderiam ser cultivadas em meio hidropônico. Entretanto atualmente sabe-se que é possível produzir uma variedade grande de vegetais em meio hidropônico, como o pepino, alface, tomate, quiabo, pimenta entre outros vegetais (CARNEIRO et al., 2015 apud OLIVEIRA, 2016).

Segundo Oliveira (2016), dentro dos diferentes sistemas hidropônicos, o mais comum utilizado na Aquaponia é o sistema com substratos, este é um sistema ativo, onde se utiliza matérias inertes em canaletas ou em vasos, exigindo plantas com suas partes radiculares e aéreas mais desenvolvidas. Os materiais inertes podem ser de vários tamanhos ou estruturas como brita, pedras, espuma fenólica e areia (BRAGA, 2009 apud OLIVEIRA, 2016).

Os nutrientes minerais são classificados em macro e micronutrientes, os encontrados em 'grandes' concentrações são designadas de macronutrientes, sendo

eles Nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S). Por outro lado, aqueles que são encontrados em 'pequenas' concentrações são os micronutrientes, sendo eles cloro (Cl), manganês (Mn), boro (B), zinco (Zn), ferro (Fe), cobre (Cu), níquel (Ni) e molibdênio (Mo) (MALAVOLTA, 2006; WARAICH, 2011).

Na Aquaponia é possível cultivar uma gama muito grande de espécies vegetais como, por exemplo, agrião, alface, rúcula, repolho, tomate, morango, pepino, pimenta, berinjela e muitas outras. Espécies de plantas adaptadas a hidroponia são sempre uma possibilidade para uma unidade Aquaponia. A partir das necessidades do mercado, é possível projetar um sistema aquapônico capaz de produzir, em teoria, qualquer vegetal de pequeno ou médio porte. Para que o sistema seja bem-sucedido, recomenda-se que ele atenda às necessidades e limitações dos vegetais relacionadas a aeração, espaço, nutrição, temperatura e radiação solar (CARNEIRO et al., 2015 apud DUARTE, 2018).

Dentre as espécies de vegetais de amplo cultivo, a alface (*Lactuca sativa*) é a verdura folhosa mais consumida pelos brasileiros. Utiliza-se a denominação de verdura, quando as partes comestíveis do vegetal são as folhas, as flores, os botões ou as hastes. De acordo com a parte comestível da planta, as verduras podem ser classificadas em folhas ou folhosos, sementes, raízes e tubérculos, bulbos, flores, frutos e caules (PHILIPPI, 2003 apud OLIVEIRA, 2005).

Sua origem é asiática, mas já era conhecida por egípcios, gregos e romanos, acredita-se que foi introduzida no Brasil pelos portugueses no século XVI. Além de possuir sabor agradável, possui vitaminas e sais minerais, fornece apenas 15 calorias em cada 100g e apresenta efeito calmante (YAÑES, 2003 apud OLIVEIRA, 2005).

Outra espécie comercial e amplamente consumida é a rúcula (*Eruca sativa L.*) é uma olerácea produzida predominantemente nas regiões sul e sudeste do país. Destaca-se entre as hortaliças pela sua composição, com altos teores de potássio, enxofre, ferro e de vitamina A e C e pelo sabor picante e odor agradável. Possui substâncias importantes para a manutenção da saúde, ajuda no controle do escorbuto, doenças pulmonares (asma, tosse), na falta de apetite, gases intestinais, desintoxicação do organismo e anemia, além de ser rica em ômega 3 (FILGUEIRA, 2000).

4 METODOLOGIA

O experimento do sistema de Aquaponia foi realizado em uma propriedade rural localizada no município de Vera Cruz do Oeste, no Estado do Paraná, entre o período de 9 de setembro de 2021 e 26 de outubro do mesmo ano.

4.1 Descrição do experimento

Para realização do experimento, foi construída uma estufa nas medidas de 5 metros x 6 metros, usando madeira de eucalipto natural, bambu, plástico e cano (Fotografia 1), na qual serviu para minimizar interferências ambientais externas, como temperatura e chuva.

Fotografia 1 - Estufa onde foi realizado o experimento.



Fonte: A autoria própria (2021)

Dentro da estufa construiu-se uma bancada de madeira de 1 metro de largura e 2,5 metros de comprimento para acondicionar as mudas (fotografia 2) na mesma foram feitas uma camada de areia, uma camada de pedra brita e uma camada de vermiculita, que auxiliavam na filtragem e serviram como base para acondicionar as mudas do experimento.

Fotografia 2 - Bancada de mudas.



Fonte: Autoria própria (2021).

Ainda dentro da estufa foi instalado um tanque de amianto com capacidade de mil litros, onde foram inseridas para criação treze tilápias da espécie *Oreochromis niloticus* de 6 meses de idade. A água efluente deste tanque alimentava o sistema com mudas de alface crespa (*Lactuca sativa*); e de rúcula (*Eruca sativa*).

A água foi reposta devido a evaporação, dando uma média adicional de 30 litros por dia ao fim do experimento.

Foram utilizadas duas bombas da marca Submersa que tem uma vazão máxima de litros por hora, para realização da recirculação da água que alimentou o sistema de Aquaponia.

Inicialmente após a estrutura pronta no dia 9 de setembro de 2021, o tanque foi enchido com água de nascente, provinda da mesma propriedade onde o experimento foi realizado, no tanque foram instaladas as bombas de recirculação da

água, que faziam com que a água do tanque passasse pela bancada e retornasse para o tanque, em seguida já com a instalação funcionando, as treze tilápias foram inseridas no tanque, as mesmas apresentaram no dia uma média de peso de 0,326 kg/peixe (fotografia 3).

Fotografia 3 - Peixe na implantação do experimento



Fonte: Autoria própria (2021).

Para a alimentação dos peixes do tanque foi utilizada ração específica para piscicultura da marca Prima Raça nutrição animal peixe (quadro 2), sendo fornecido a quantidade indicada pelo fabricante de 5% do peso vivo por tilápia/dia. Diariamente os peixes recebiam ração as 9 horas e as 15 horas.

Quadro 2 – Composição da ração fornecida

Níveis de garantia por kg do produto	
Umidade (máx)	130,0 g
Proteína bruta (min)	280,0 g
Extrato etéreo (min)	45,0 g
Matéria fibrosa (máx)	60,0 g
Matéria mineral (máx)	130,0 g
Cálcio (máx)	30,0 g
Cálcio (min)	10,0 g
Fósforo (min)	6000,0 mg
Lisina (min)	10,50 g
Metionina (min)	3200,0 mg
Vitamina A (min)	6000,0 UI
Vitamina D3 (min)	2200,0 UI
Vitamina E (min)	50,0UI
Vitamina C (min)	400,0 mg
Biotina (min)	0,30 mg
Colina (min)	400,0 mg
Ácido fólico (min)	3,0 mg
Ácido pantotênico (min)	9,5 mg
Niacina (min)	45,0 mg
Vitamina B1 (min)	6 mg
Vitamina B12 (min)	14,0 (mcg)
Vitamina B2 (min)	6,0 mg
Vitamina B6 (min)	6,0 mg
Vitamina K3 (min)	7,0 mg
Cobalto (min)	0,35 mg
Cobre (min)	10,0 mg
Ferro (min)	30,0 mg
Iodo (min)	0,60 mg
Manganês (min)	22,0 mg
Selênio (min)	0,40 mg
Sódio (min)	2500,0 mg
Zinco (min)	75,0 mg

Fonte: Adaptado de rótulo da ração fornecida aos peixes.

No dia 10 de setembro, um dia após a inserção dos peixes, foram acondicionadas na bancada 22 mudas de alface crespa. No dia 16 de setembro foram plantadas 30 mudas de rúcula na mesma bancada, ao lado da alface, as quais eram nutridas exclusivamente pelos nutrientes resultante da criação dos peixes.

4.2 Monitoramento da qualidade da água

Para o acompanhamento periódico do experimento foram adquiridos um medidor de pH de água digital portátil da marca lotus, e medidor sólidos totais dissolvidos, portátil da marca HM digital, do modelo TDS3. Os parâmetros podem ser observados no quadro 3.

Quadro 3 – Sensores utilizados no monitoramento da qualidade da água

PARÂMETROS	ESCALA	PRECISÃO
pH	0 A 14	+/-0,1pH
Sólidos Totais Dissolvidos	0 – 9999 ppm	2%

**Fonte: Manual do Medidor Digital TDS3 (2012).
Fonte: Manual do Peagâmetro HM Digital (2007).**

Os parâmetros monitorados na água foram: pH, nitrato, turbidez, fósforo total dissolvido e sólidos totais dissolvidos. As amostras foram coletadas na saída do tanque de criação de peixes e no final do sistema Aquaponia, onde estavam sendo cultivadas a alface crespa e a rúcula (fotografia 4). Também foi analisada a água bruta, utilizada para encher o tanque dos peixes.

As análises de qualidade da água dos parâmetros fósforo total, nitrato e turbidez foram realizadas pelo laboratório GERPEL/INEL. Os dados referentes a metodologia e limite de quantificação estão apresentados no Quadro 4.

Fotografia 4 - Amostra de água coletada para análise



Fonte: autoria própria (2021).

Quadro 4 – Metodologia e limites de quantificação dos parâmetros analisados

PARÂMETROS	UNIDADE	LQM	METODOLOGIA
Fósforo total dissolvido	mg/L	0,009	SMEWW - método: 4500-P-B,E
Nitrato	mg/L	0,81	MQA – 22(HACH)
Turbidez	NTU	0,59	SMWW – Método: 2130B

Fonte: Laboratório GERPEL/INEL

Além da análise da qualidade da água também foi avaliado o crescimento dos peixes.

No início do experimento, os peixes possuíam peso médio unitário de 326 g, totalizando uma biomassa média inicial de 4,246 kg. Após os 42 dias de cultivo, os peixes atingiram peso médio unitário de 438 g, com um ganho em peso médio unitário de 112 g. Um total de 7 indivíduos mortos foi registrado durante todo o período de cultivo (Fotografia 5).

Fotografia 5 - Indivíduos mortos



Fonte: A autoria própria (2021)

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do monitoramento de campo, a avaliação da qualidade da água e comparação em diferentes pontos antes e depois do sistema de Aquaponia, estão apresentados nos próximos itens.

5.1 Monitoramento da qualidade da água antes e após o uso no sistema de Aquaponia

A água bruta utilizada para o sistema foi retirada de uma lagoa, abastecida por uma nascente da propriedade. No dia 0, início do experimento foi realizada a caracterização da água bruta utilizada no sistema de Aquaponia, os dados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização da qualidade da água bruta

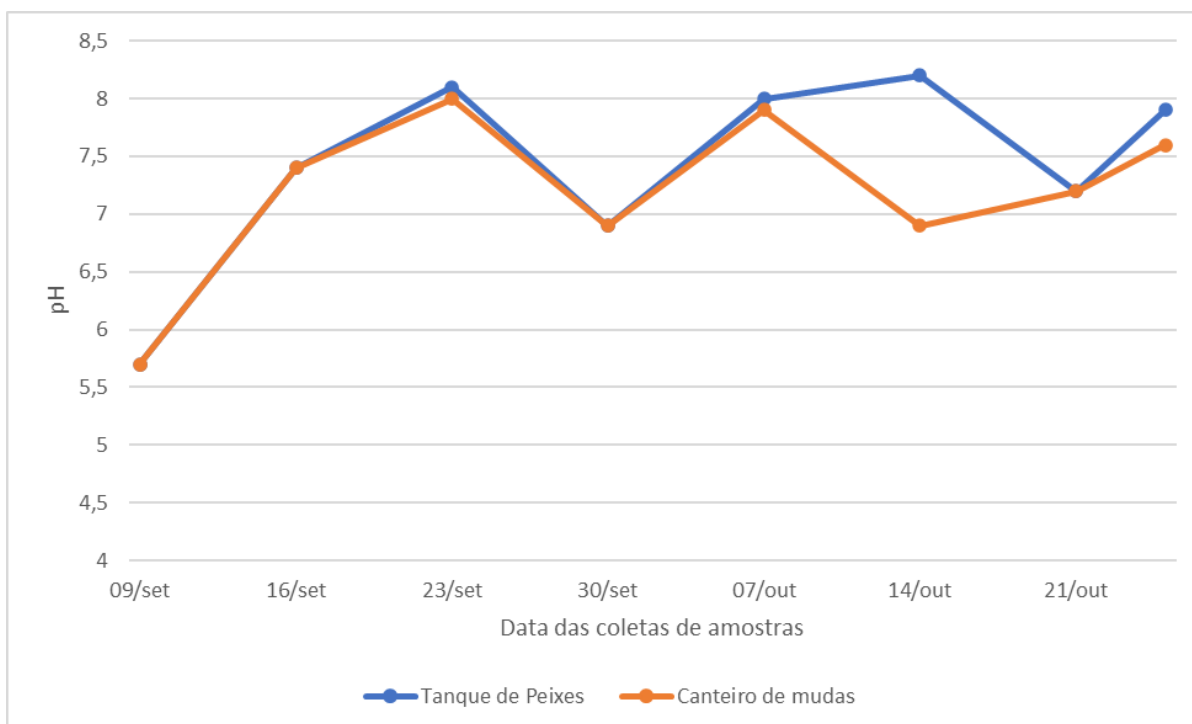
Parâmetros	Unidade	Água bruta
Turbidez	NTU	0,59
Nitrato	mg/L	0,81
Fósforo total dissolvido	mg/L	0,019
Sólidos dissolvido total	ppm	0,03
pH	-	5,7

Fonte: Autoria própria (2022).

Os valores encontrados para os parâmetros analisados descritos na Tabela 1, é possível verificar que a concentração de turbidez e sólidos totais dissolvidos é extremamente baixa, enquanto o valor da concentração de fósforo total dissolvido observado indica um enriquecimento de nutrientes, a Resolução CONAMA 357/05 apresenta como valor máximo para ambientes classe 2 intermediários 0,02 mg/L de fósforo total (BRASIL, 2005).

No gráfico 1 estão apresentados os valores de pH obtidos nos pontos de monitoramento da saída do tanque de peixes e do canteiro de mudas.

Gráfico 1 - Monitoramento do pH no canteiro de mudas e tanque de peixes.



Fonte: Aatoria própria (2022).

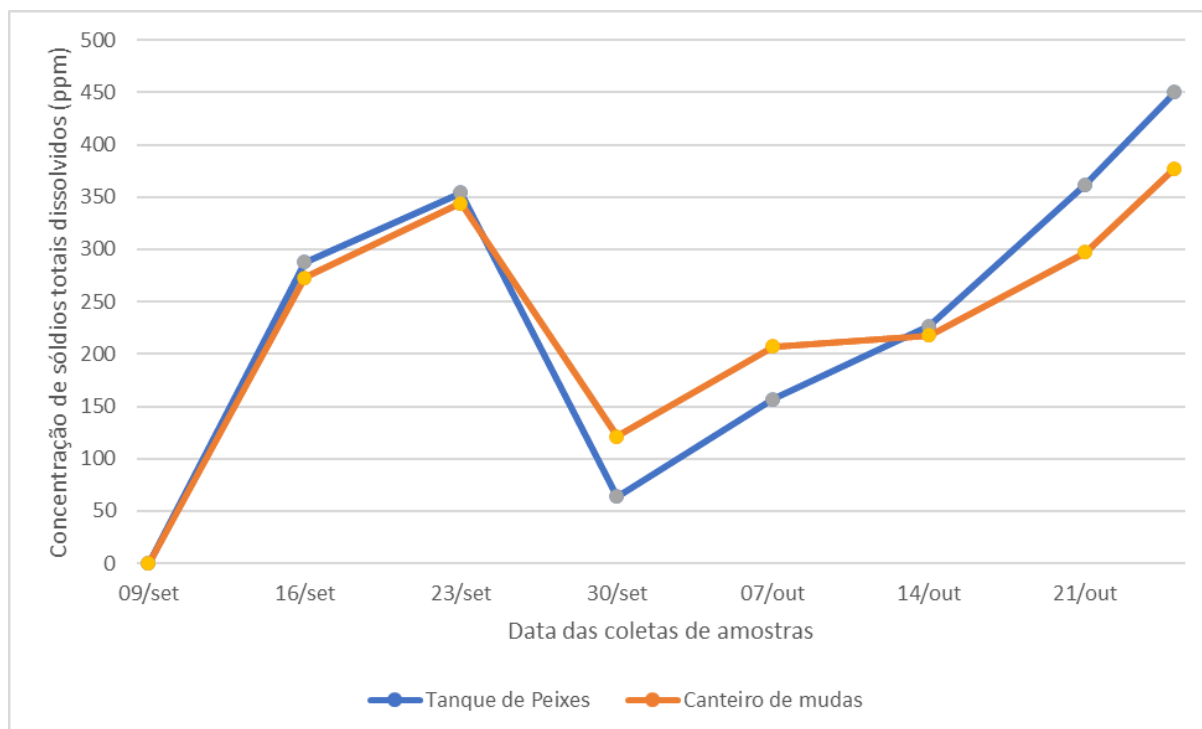
O pH indica que a água bruta estava levemente acidificada. Pode-se observar nesse mesmo gráfico que ao longo do experimento o pH foi aumentando gradativamente e no fim, os níveis de pH, apresentaram uma média de 7,42 no tanque de peixes e 7,2 no canteiro de mudas, possivelmente explicado pela presença das plantas que com a fotossíntese retiram gás carbônico da água fazendo assim com que o pH da água suba pois o pH é influenciado pela concentração de gás carbônico (CO_2), que apresenta uma reação ácida na água, fazendo com que durante o dia a fotossíntese realizada pelas algas e vegetais aquáticos remova CO_2 da água aumentando o seu pH (CYRINO, OLIVEIRA E COSTA, 2018).

As medições com indicação de leve tendência de alcalinidade demonstraram que a presença de peixes e a adição de ração aumentaram a produção de bicarbonatos, pois bicarbonato é responsável por manter os valores de pH estáveis (SANTOS et al., 2012)

Pode se dizer que o pH do experimento ficou dentro do aceitável, pois o pH ótimo para o crescimento e atividade das bactérias está situado entre 7,0 e 8,0 e quanto mais o pH se distancia desta faixa a atividade das mesmas se reduz (KUBITZA, 2006).

Quanto aos valores de sólidos dissolvidos totais obtidos nas medições, os mesmos estão apresentados no gráfico 2.

Gráfico 2 – Concentração de sólidos dissolvidos totais no canteiro de mudas e tanque de peixes



Fonte: Autoria própria (2022).

O requerimento de sólidos dissolvidos totais para plantas em sistemas aquapônicos é menor que o requerimento de sistemas hidropônicos com variação de 200 a 400 mg L⁻¹, visto que o aporte e a ciclagem de nutrientes em sistemas de Aquaponia ocorrem diariamente (RAKOCY; MASSER e LOSORDO, 2006).

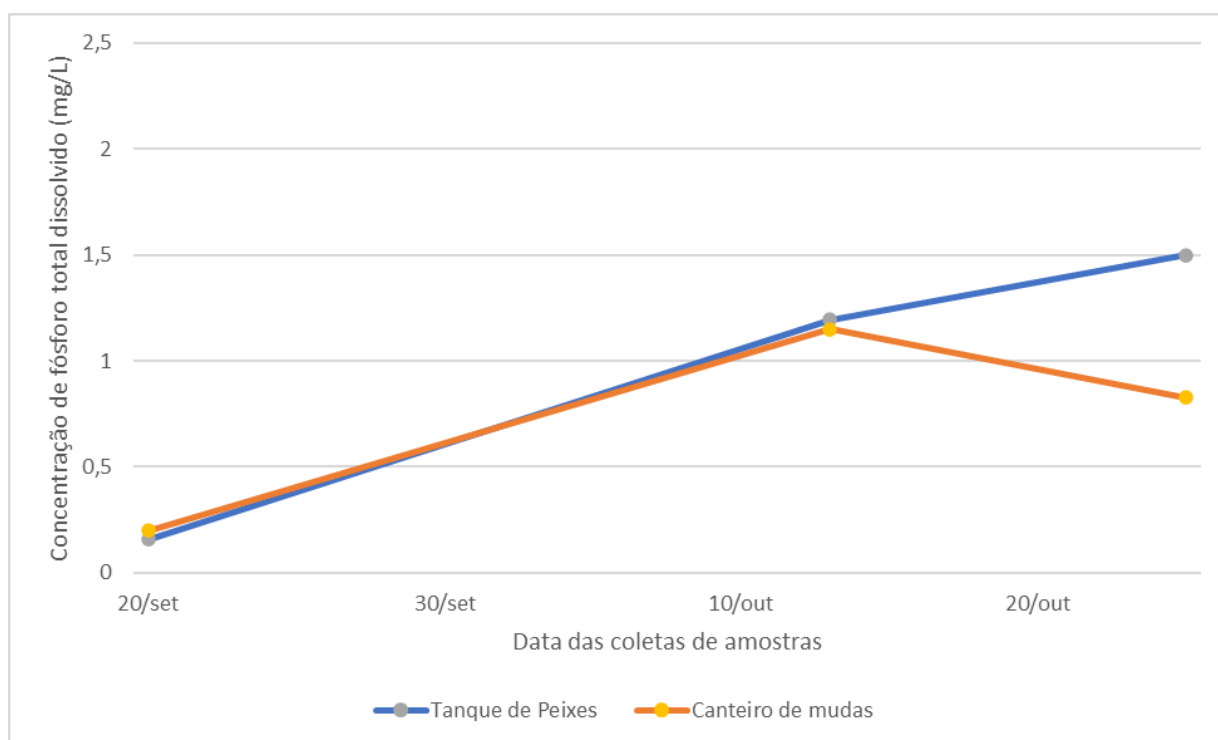
No experimento obteve-se uma média de sólidos totais dissolvidos de 223,4 ppm no tanque de peixes e 257 ppm no canteiro de mudas, levando em consideração que a água bruta apresentou um valor de 0,03 ppm, na tabela observa-se que tal parâmetro aumentou gradativamente com o passar dos dias e segundo estudos Rakocy et al. (2006) esteve dentro dos padrões desejáveis para sistemas aquapônicos.

Comparando os valores do tanque de peixes e os valores do canteiro de mudas pode-se dizer que a água ao passar pelo canteiro de mudas esses compostos eram absorvidos pelas plantas, e filtrados pelo canteiro fazendo com que a concentração dos mesmos diminuíssem no tanque de peixes.

Nos sistemas de Aquaponia, os sólidos dissolvidos são considerados desejáveis, visto que é na parcela desses sólidos que estão contidos os minerais que favorecem o desenvolvimento das plantas. São desejados principalmente os sólidos dissolvidos fixos, que não apresentam material orgânico, sendo estes passíveis de serem absorvidos pelas plantas.

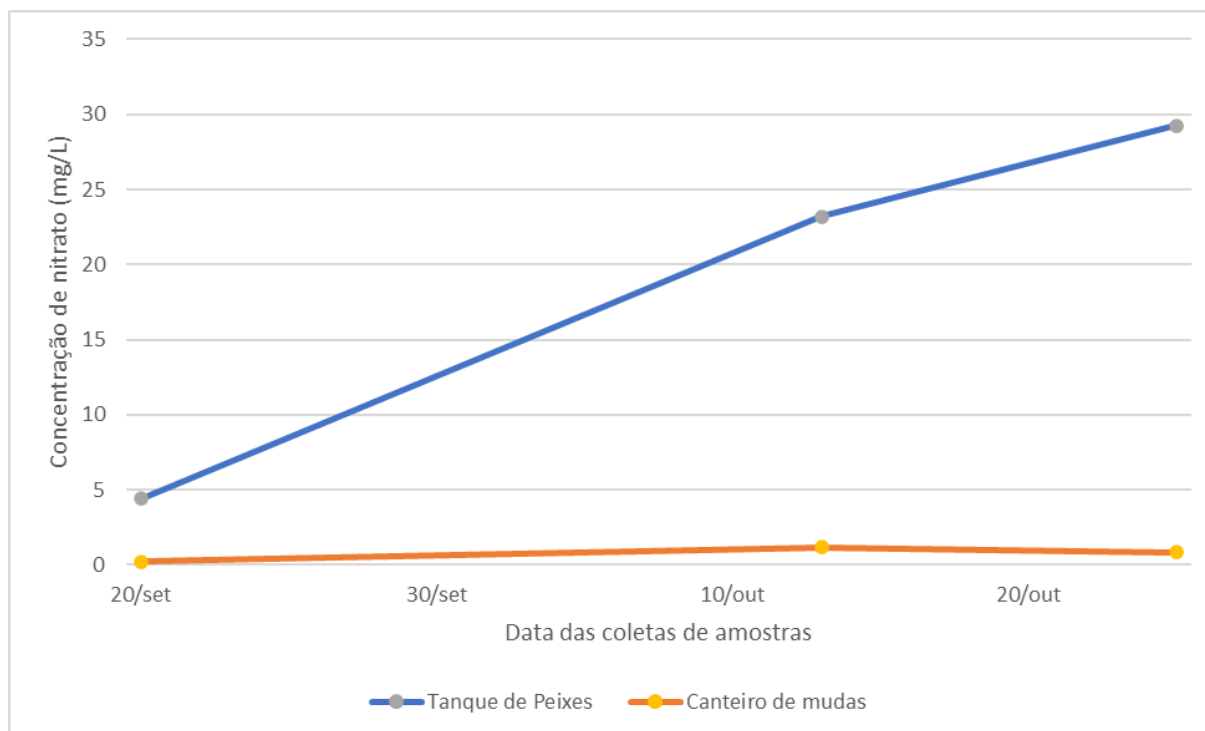
A concentração de nutrientes (fósforo dissolvido total e nitrato) aumentou consideravelmente (Gráficos 3 e 4), a concentração máxima observado para nitrato foi a 29,23 mg/ L e o fósforo total dissolvido total foi para 1,5 mg/ L, no último dia do experimento.

Gráfico 3 – Concentração de fósforo total dissolvido



Fonte: Autoria própria (2022).

Gráfico 4 – Concentração de nitrato no tanque canteiro de mudas e tanque de peixes



Fonte: Autoria própria (2022).

Altas concentrações de nutrientes podem propiciar eventos de eutrofização. No trabalho de VOLLENWEIDER (1968) apud Barreto (2013) são estabelecidos valores-limites de fósforo total e nitrogênio para a classificação de corpos de água, segundo os graus de trofia, outros autores, como WETZEL (1993), além de valores-limites para nutrientes, consideraram também que ambientes com concentrações médias de clorofila a superiores a $10 \mu\text{g L}^{-1}$ são eutróficos.

O fósforo é um nutriente essencial para o crescimento dos microrganismos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica. Sua importância está associada à cadeia alimentar, e é considerado um elemento limitante ao crescimento de organismos. É necessário em pequenas quantidades, e um pequeno aumento de sua concentração pode conduzir a um crescimento exagerado de plantas, floração de algas, entre outros, o que pode resultar em um processo de eutrofização (METCALF E EDDY, 1991; Von SPERLING, 1996 apud KNAPIK 2009). O aumento das concentrações de nitrogênio e fósforo são as principais causas da eutrofização em ecossistemas continentais, onde pode haver rápido desenvolvimento de algas e crescimento excessivo de plantas aquáticas, como cianobactérias e *Eichhornia crassipis* ou *pistia stratiotes*, respectivamente ((MARGALEF, 1983; WETZEL, 1983;

ESTEVEES, 1998; THOMAZ e BINI, 1999; TUNDISI, 2003 apud PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA).

Alguns estudos também explicam proliferação excessiva do fitoplâncton pode causar diminuição de oxigênio no período noturno e supersaturação durante o dia, podendo causar a obstrução das brânquias dos peixes pelos filamentos e inibição do crescimento das algas mais assimiláveis, além do aparecimento de produtos do metabolismo secundário de cianobactérias, que causam sabor desagradável no pescado (MITCHELL, 1996; PERSCHBACHER et al., 1996; DATTA e JANA, 1998 apud RINEN CHEMICAL GROUP). Esse fato pode explicar a mortalidade das tilápias durante o experimento. No dia 27/09/2021 o experimento entrou em fase de eutrofização e precisou ser realizada a troca da água.

A concentração de fosfato no efluente de piscicultura aumenta sua concentração nos tanques com o decorrer do ciclo de criação dos peixes, elevando gradativamente sua disponibilidade via fertirrigação (SANTOS, 2009 apud SILVA, 2019). Os teores de fósforo nos efluentes de piscicultura variam muito, dependendo do sistema de cultivo se intensivo ou semi-intensivo, tipo de ração utilizada e manejo nutricional adotado. Do fósforo contido na ração e fornecido aos peixes, de 7 a 64%, pode ser encontrado no efluente de piscicultura (JOHNSEN et al., 1993 apud SILVA, 2019).

Quanto ao nitrato, este é absorvido pelas plantas retirando-o assim do sistema. Quando não se possui plantas, deve-se ter uma renovação de 5 a 10% do volume total de água para o controle e assim evitar intoxicação dos animais. No experimento houve uma alta concentração deste, pois a quantidade de plantas possivelmente foi insuficiente.

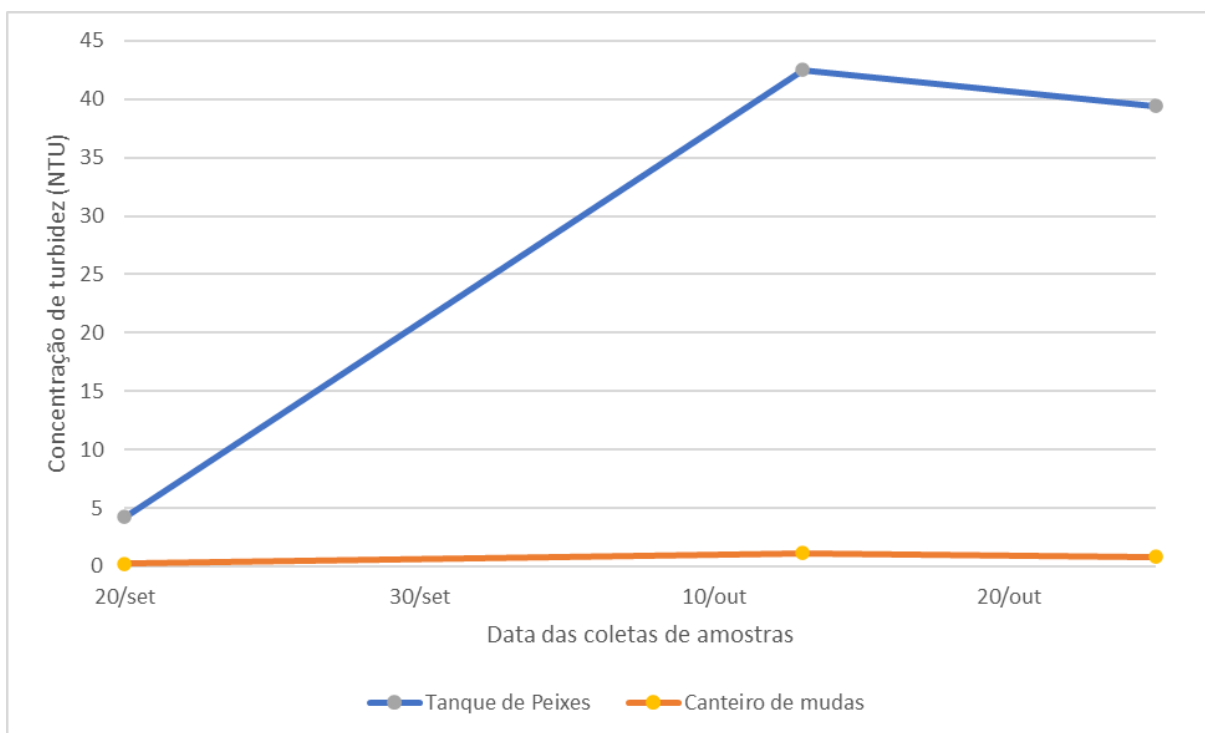
Alguns estudos também explicam proliferação excessiva do fitoplâncton pode causar diminuição de oxigênio no período noturno e supersaturação durante o dia, podendo causar a obstrução das brânquias dos peixes pelos filamentos e inibição do crescimento das algas mais assimiláveis, além do aparecimento de produtos do metabolismo secundário de cianobactérias, que causam sabor desagradável no pescado (MITCHELL, 1996; PERSCHBACHER et al., 1996; DATTA e JANA, 1998 apud RINEN CHEMICAL GROUP).

A turbidez, representa o grau de interferência com a passagem da luz através da água, conferindo uma aparência turva à mesma. Todo material responsável pela turbidez não permanece em suspensão durante todo tempo. Alguns se depositam

muito vagarosamente, enquanto outros são de considerável rapidez. Turbidez alta, valores de sólidos em suspensão são restrições significativas ao uso da água da aquicultura na produção de alface (BOYD, 1979, apud QUEIROZ E SILVEIRA, 2006).

Neste experimento a turbidez variou de 3,97 a 39,4 NTU conforme apresentado nos gráficos 5 e 6. Este agente físico é responsável pelos efeitos danosos que pode causar ao ecossistema aquático, não só por reduzir a atividade fotossintética dos organismos clorofilados, devido se constituir numa barreira para a penetração dos raios solares, como também pela precipitação de partículas finíssimas causadoras da turbidez sobre a pele, carapaça, brânquias e em outras regiões do corpo de animais e nos vegetais, causando sérios problemas à biota aquática (OGAWA, M. e KOIKE, J.,1987). Observando ainda os dados, pode-se concluir que a turbidez foi aumentando com o decorrer do experimento, podendo se dizer que as plantas não estavam fazendo a remoção dos nutrientes, mas ao final do experimento observa-se uma queda, sugerindo que com o aumento da massa das raízes a remoção passou a ser significativa, pois segundo natureza desse material em suspensão é a responsável pela cor, mas sua concentração é que responde pela turbidez que a água apresenta (HERNARES, 2008).

Em todos os parâmetros avaliados no experimento, pode-se observar que houve uma queda entre os dias 23 e 30 de setembro, pois houve a necessidade de troca da água, que devido ao calor intenso com temperaturas ultrapassando os 35 °C, causando morte de 7 peixes do sistema como observado na fotografia 6.

Gráfico 5 - Turbidez no tanque de peixes e canteiro de mudas

Fonte: Autoria própria (2022).

Fotografia 6 – Peixes mortos

Fonte: Autoria própria (2022).

O metabolismo do peixe é maior à medida que aumenta a temperatura da água, mas isso até certa temperatura, os peixes de águas tropicais possuem uma zona de conforto entre temperaturas de 20 a 28°C. Se a temperatura for superior a 32°C pode ocorrer mortalidades, e abaixo de 24°C decresce o apetite rapidamente e

aumenta a chance de proliferação de doenças (BRAZ FILHO, 2000; SÁ 2012 apud GRUPO CPT).

5.2 Análise estatística dos dados

Observando os dados de desvio padrão e variância (quadro 5), pode-se entender que as plantas interferiram na remoção de nutrientes pelo canteiro das mudas. Analisando a média entre o canteiro de mudas e o tanque de peixes, houve uma remoção de 30,99% do fósforo total dissolvido, 12,83 % do nitrato e 17,05 % da turbidez. O desvio padrão deu muito elevado devido alguns interperes durante o experimento, no décimo oitavo dia o sistema entrou em fase de eutrofização e precisou ser feita a troca da água, isso fez com que desse uma grande diferença nas análises, aumentando assim o desvio padrão.

Quadro 5 - Análise estatística do monitoramento do fósforo total dissolvido, nitrato e turbidez do canteiro de mudas e tanque de peixes

Aguas dos canteiros de mudas	Fósforo total dissolvido (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Turbidez NTU	Água do tanque de peixes	Fósforo total dissolvido (mg/L)	Nitrato (mg/L)	Turbidez NTU
MEDIA	0,726	16,787	24,523	MEDIA	0,951	18,940	28,703
VARIANCIA	0,156	77,970	222,177	VARIANCIA	0,330	111,786	301,563
DESVIO PADRÃO	0,394	8,830	14,906	DESVIO PADRÃO	0,574	10,573	17,366

Fonte: Autoria própria (2022).

Observando os dados do (quadro 6), variância e desvio padrão podemos observar que houve pouca mudança de sólidos totais dissolvidos e pH. Houve uma diferença de 3,54 % de TDS e 3,13% no PH, entre o tanque de peixes e o canteiro de mudas.

Quadro 6- Análise estatística do monitoramento do pH e do TDS no canteiro de mudas e tanque de peixes.

	pH Tanque de Peixes	pH Canteiro de Mudas	TDS (ppm) Tanque de Peixes	TDS (ppm) Canteiro de Mudas
MEDIA	7,425	7,200	237,754	229,629
VARIANCIA	0,614	0,470	21232,904	13297,762
DESVIO PADRÃO	0,784	0,686	145,715	115,316

Fonte: Aatoria própria (2022).

6 CONCLUSÃO

De acordo com resultado do experimento, pode-se dizer que a interação entre peixes e plantas é extremamente importante, pois apesar do experimento não ter focado no crescimento vegetativo ou animal, notou-se que sim, as plantas conseguem fazer remoção de nutrientes, melhorando assim a qualidade da água.

Conclui-se também que a densidade das plantas deve ser aprimorada, pois apesar da massa vegetal ser pequena, a mesma fez remoção considerável dos nutrientes e observando a última etapa do experimento, verificou-se que a remoção foi maior ao final, quando as plantas apresentavam mais massa vegetativa e raízes mais formadas.

No entanto, fazem-se necessários buscar mais estudos sobre esse tema, fazer novos experimentos com diversas densidades de alface e rúcula, até tornar esse efluente apto para reuso.

REFERÊNCIAS

- Barreto, L. V., BARROS, F. M., BONOMO, P., ROCHA, F. A., AMORIM, J. S. **Eutrofização em rios brasileiros**. Enciclopédia Biosfera, v.9, n.16 p., 2013.
- BRASIL. Resolução CONAMA 357, de 17 de março de 2005 Conselho Nacional de Meio Ambiente. Disponível em: www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em: 5 maio. 2022.
- CARNEIRO, P. C. F.; NUNES, M. U. C.; MARIA, A. N.; MORAIS, C. A. R. S., FUJIMOTO, R. Y. **Produção integrada de peixes e vegetais em aquaponia**. Embrapa Tabuleiros Costeiros, / 23 p., 2015.
- CYRINO, J. E. P., SAMPAIO DE OLIVEIRA, A. M. B. M. e COSTA, A. B. **Curso Introdução á Psicicultura**. Apostila, Departamento de Zootecnia, Setor Não Ruminantes - ESALQ/USP, 69 p., 2018.
- DOUGLAS, J. S. **Hidroponia: Cultura sem terra**. São Paulo: Nobel, 1987.
- DUARTE, P. M. R. **Projeto de um sistema de aquaponia para regiões urbanas do sul do Brasil**. Projeto de conclusão de curso, Universidade Federal do Rio Grande, 71 p., 2018.
- ESTEVES, F. A. **Fundamentos de limnologia**. 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência, 1998.
- FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de **olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. 2ª ed. Viçosa: UFV, 2000. 412p.
- GRUPO CPT, disponível em <https://www.cpt.com.br/cursos-criacaodepeixes/artigos/a-temperatura-da-agua-e-importante-para-o-crescimento-dos-peixes>. Acessado em 10 de maio de 2022.
- HUNDLEY, G. M. C.; NAVARRO, R. D. Aquaponia: a integração entre piscicultura e a hidroponia. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, v. 3, p. 52-61, 2013.
- KUBITZA, F. Questões frequentes dos produtores sobre a qualidade dos alevinos de tilápia. **Panorama da Aquicultura**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 97, p.14-23, 2006.
- MALAVOLTA, E. Manual de Nutrição Mineral de Plantas. 1 ed. São Paulo: **Editora Agronômica Ceres**, 638 p. 2006
- MANCUSO, PEDRO C. S.; SANTOS, HILTON F. Reuso de Água. **Núcleo de Informações em Saúde Ambiental**. Universidade de São Paulo. Barueri: Ed. Manole, 2003.
- MANUAL. Medidor Digital TDS3, 2012.

MANUAL. Peagâmetro HM Digital, 2007.

MOTA, D. A., ROSA, P. C. C., CAMPOS, A. M., MOREIRA, I. F. S., NASCIMENTO, C. S., LUGOKENSKI, T. H. **Análise físico-química da qualidade da água e do solo no alagadiço próximo da UNIPAMPA**. Anais do 9º Salão Internacional de ensino, pesquisa e extensão – SIEPE, 2017.

OGAWA, M. e KOIKE, J., 1987, **Manual de Pesca**, Associação dos Engenheiros de Pesca do Estado do Ceará, 799 p., Fortaleza, Ceará.

OLIVEIRA, S. D. **Sistema de Aquaponia**. Relatório de Projeto, Universidade Federal de Goiás, Regional Jataí, 27 p., 2016.

OLIVEIRA, A. B. A. **Comparação de diferentes protocolos de higienização de alface (*Lactuca sativa*) utilizados em restaurante de Porto Alegre- RS**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 75 p., 2005.

PAIVA; R. P., CASOTTI, R. RODRIGUES, R. L., FREITAS, R. R. **Cultivo e beneficiamento de *Oreochromis niloticus* e *Centropomus parallelus* em região estuarina no sudeste do Brasil**. Acta of Fisheries and Aquatic Resources, v. 3, n. 1, p. 54 - 64, 2015.

PORTAL TRATAMENTO DE ÁGUA. Disponível em [https://tratamentodeagua.com.br/artigo/eutrofizacao-qualidade-agua-piscicultura/#:~:text=O%20aumento%20das%20concentra%C3%A7%C3%B5es%20de,%2C%20respectivamente%20\(MARGALEF%2C%201983%3B](https://tratamentodeagua.com.br/artigo/eutrofizacao-qualidade-agua-piscicultura/#:~:text=O%20aumento%20das%20concentra%C3%A7%C3%B5es%20de,%2C%20respectivamente%20(MARGALEF%2C%201983%3B). Acessado em 08 de maio de 2022.

RAKOCY, J. E.; MASSER, M. P.; LOSORDO, T. M. Recirculating aquaculture tank production systems: **Aquaponics-integrating fish and plant culture**. Srac publication -southern regional aquaculture center, n. 454, p. 1–16, 2006.

RAKOCY, J. E. **Aquaponics: Integrated fish and plant culture**. In: Timmons, M.B; Ebeling, J.M. (Eds.), Recirculating Aquaculture. NRAC Publ. No. 01-007. Cayuga Aqua Ventures, Ithaca, NY, pp. 767-822, 975 p., 2007.

REBOUÇAS, A. da C. **Água doce no mundo e no Brasil**. In: REBOUÇAS, A. DA C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. **Águas doces no Brasil** capitais ecológicos usos e conservação. 3 ed. São Paulo: Escrituras, 2002. p. 269-324

REIS, I. W., TROLLER, F. C., SCHAUREN, D. **Cultivo de lambari e o uso de seu efluente na fertirrigação de folhosas**. XXV Ciência Viva, 2020.

RINEN CHEMICAL GROUP. Disponível em https://rinen.com.br/materia/solucoes-piscicultura/?doing_wp_cron=1656944802.4639968872070312500000#:~:text=Em%20tanques%20de%20cria%C3%A7%C3%A3o%20de,do%20aparecimento%20de%20produtos%20do. Acessado em 14 de maio de 2022.

SANTOS, G. P.; REGO, N. A. C.; SANTOS, J. W. B.; DELANO JÚNIOR, F.; SILVA JÚNIOR, M. F. **Avaliação espaço-temporal dos parâmetros de qualidade da**

água do rio Santa Rita (BA) em função do lançamento de manipueira. *Água, Taubaté*, v. 7, n. 3, p. 261 – 278, 2012

SANTOS, E.S.; FURTADO-NETO, M.; MOTA, S. et al. Cultivo de tilápia do Nilo em esgoto doméstico tratado, com diferentes taxas de alimentação. **Revista DAE**, v. 180, p. 4-11, 2009.

SILVA, V. S. **Uso do efluente da piscicultura na fertirrigação de olerícolas produzidas com base agroecológica**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Roraima, 96 p., 2019.

TYSON, R. V.; TREADWELL, D. D.; SIMONNE, E. H. **Opportunities and Challenges to Sustainability in Aquaponic Systems**. *HortTechnology*, 21 (1).2011.

VASCONCELOS, A. L. A. P. **Avaliação da capacidade produtiva de vegetais baby leaf em sistema aquaponico na estação chuvosa e seca**. Relatório final de pesquisa de Iniciação Científica, Centro Universitário de Brasília, 20 p., 2019.

VALENTI, W. C. **Aquicultura sustentável**. In: Congresso de Zootecnia: Associação Portuguesa dos Engenheiros Zootécnicos. Anais.p.111-118, 2002.

ZOPPA., F. M., BERNARDES, A. M. MENEGUZZI, A. **Parâmetros operacionais na remoção biológica de nitrogênio de águas por nitrificação e desnitrificação simultânea**. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.21, n.1, p. 29-42, 2016.