

Uso da *Landoltia punctata* e *Azolla foliculoides* na alimentação de tilápia e seu efeito na qualidade da água em aquaponia

Henrique Guevara Lopes Vieira¹; Débora Alves De Miranda¹; Igor Cristian Hubner¹;
Ariovaldo José Da Silva²; Walter Augusto Fonseca De Carvalho¹

¹Engenharia Agrônoma, Centro Universitário Adventista de São Paulo (UNASP-EC), Engenheiro Coelho, São Paulo, Brasil.

¹*henriqueguevara@outlook.com

²Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, São Paulo, Brasil.

Resumo: Devido ao alto custo com a alimentação de tilápias em aquaponia e a preocupação com a qualidade da água, a um grande interesse na utilização de alimentos alternativos. Visto isso, o presente estudo avaliou a substituição de parte da ração comercial pelas macrófitas aquáticas *Landoltia punctata* e *Azolla foliculoides* em sua forma *in natura*, com tratamentos de 0, 5, 10 e 20% de substituição, e qual o impacto no ganho de peso, crescimento e na qualidade da água. O delineamento experimental utilizado para ganho de peso e comprimento das tilápias foi inteiramente casualizado, utilizando 10 peixes como repetições por tratamento, já para análises de nitrato o delineamento foi em blocos casualizados. Foram oferecidos esses alimentos aos 4 tratamentos contendo 60 juvenis de tilápia (*Oreochromis niloticus*) cada, pesando inicialmente $67,45 \pm 3,75\text{g}$ durante 131 dias. Os resultados mostraram que quanto ao ganho de peso, não houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) em nenhum dos tratamentos. Quanto ao crescimento, nenhum dos tratamentos diferiu-se estatisticamente dos demais na última biometria. Já os índices de nitrato (NO_3^-) foram maiores para os tratamentos contendo 5 e 10% de alimento alternativo na 1ª medição, já na segunda não houve diferença significativa. O pH, amônia, nitrito e oxigênio dissolvido, mantiveram-se em níveis ideais em todos os tratamentos. Portanto conclui-se que pode ser realizada a substituição de até 20% da ração por *Landoltia punctata* e *Azolla foliculoides* em sua forma *in natura* sem que haja impactos negativos no ganho de peso, crescimento e qualidade da água em aquaponia.

Palavras-chave: Sistema de recirculação, Alimento alternativo, Nitrato, Peixes.

Use of *Landoltia punctata* and *Azolla foliculoides* in tilapia feeding and its effect on aquaponics water quality

Abstract: Due to the high cost of feeding tilapias in aquaponics and the concern with water quality, there is a great interest in the use of alternative foods. In view of this, the present study evaluated the replacement of part of the commercial feed by the aquatic macrophytes *Landoltia punctata* and *Azolla foliculoides* in their fresh form, with treatments of 0, 5, 10 and 20% replacement, and what is the impact on weight gain, growth and water quality. The experimental design used to gain weight and length of the tilapia was completely randomized, using 10 fish as replicates per treatment, whereas for nitrate analyzes the design was in randomized blocks. These foods were offered to the 4 treatments containing 60 juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus*) each, initially weighing $67.45 \pm 3.75\text{g}$ for 131 days. The results showed that regarding weight gain, there was no significant difference ($p \leq 0.05$) in any of the treatments. As for growth, none of the treatments differed statistically from the others in the last biometry. The nitrate indices (NO_3^-) were higher for treatments containing 5 and 10% alternative food in the first measurement, whereas in the second there was no significant difference. The pH, ammonia, nitrite and dissolved oxygen were maintained at ideal levels in all treatments. Therefore, it can be concluded that up to 20% of the feed can be replaced by *Landoltia punctata* and *Azolla foliculoides* in their fresh form without negative impacts on weight gain, growth and water quality in aquaponics.

Keywords: Recirculation system, Alternative food, Nitrate, Fish.

Introdução

Segundo De Siqueira (2018) nas últimas décadas a produção aquícola destacou-se pelo seu crescimento acelerado no que diz respeito a produção de alimentos sustentáveis, tendo um impacto significativo na geração de emprego e, consequentemente, na redução da pobreza e da fome. A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura - *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO, 2018) mostra que a produção mundial de peixes de água doce em 2016 foi de 47.516.268 toneladas, tendo um aumento de 5,44% comparado ao ano de 2014. Já a produção brasileira relacionada ao cultivo de peixes em 2016 de acordo com a Associação Brasileira da Piscicultura (Peixe BR, 2019), foi de 640.510 toneladas, ao passo que no ano de 2018 observou-se um salto de 8,2%, atingindo-se um total de 722.560 toneladas. Sendo o estado de São Paulo em 2018, o segundo maior produtor brasileiro de peixes de cultivo, produzindo 73.200 toneladas, perdendo apenas para o Paraná, que por sua vez, produziu 129.900 toneladas.

Visto que o setor aquícola tem crescido muito nos últimos anos, assim como a preocupação com o desperdício de água e a proteção do meio ambiente como um todo, o sistema aquapônico de recirculação - *Recirculating Aquaculture System* (RAS) tem ganhado bastante destaque por conta do reaproveitamento dos recursos hídricos, por sua alta produção e agregação de valores. Sendo assim, Rakocy; Masser e Losordo (2006), apresentam a aquaponia como um sistema de integração da aquicultura, que são a criação de peixes, crustáceos, moluscos e outros animais aquáticos, com hidroponia, definida como o cultivo de plantas sem solo.

Esse tipo de RAS apresenta várias vantagens, sendo as principais: diversificação na produção, reutilização total da água evitando o seu desperdício, diminuição ou até eliminação da quantidade de efluentes liberados no ambiente, utilização de um menor volume de água quando comparado a piscicultura convencional, a reposição da água se dá em um período de tempo indefinido, sendo necessário repor apenas o que foi evaporado ou absorvido pelas plantas, e não menos importante, a possibilidade da utilização de várias espécies de peixes (CARNEIRO *et al.*, 2015).

A Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), juntamente com o tambaqui (*Colossoma macropomum*) tem sido os peixes mais utilizados em sistemas aquapônicos no Brasil. Isto se deve ao fato de ainda não haver muitas pesquisas sobre a utilização de espécies nativas nesse tipo de sistema, além disso, a Tilápia do Nilo é um peixe rústico, resistente e demonstra boa

conversão alimentar. Sendo essas características importantes para obter sucesso na criação (SOMERVILLE *et al.* 2014; TRANG *et al.*, 2017).

Na aquaponia, além da criação de peixes, ocorre o cultivo de plantas em hidroponia que é de suma importância para o equilíbrio do sistema, pois elas ajudarão na filtragem da água. Segundo Somerville *et al.* (2014), mais de 150 tipos de vegetais já foram cultivados com sucesso em aquaponia. Em geral, plantas verdes e folhosas são as melhores opções. A Alface (*Lactuca sativa*) é amplamente utilizada por ser uma planta com boa adaptação a diferentes condições ambientais, ter uma baixa demanda de nutrientes e ciclo curto de produção, além de ser bastante lucrativa devido ao seu elevado valor e facilidade de venda (LAM *et al.*, 2015).

Um outro fator limitante na produção aquapônica que pode levar ao sucesso ou fracasso da atividade, é a alimentação dos peixes, pois é através dela que eles irão se desenvolver e balancear nutricionalmente a água para que as plantas e as bactérias também se desenvolvam. Por isso, é importante escolher um alimento com uma boa relação custo benefício, analisando assim, seu impacto no desempenho produtivo e econômico da atividade. Barone (2017) salienta que a participação da ração nos custos totais de produção em uma piscicultura varia de 65 a 80%. Levando isso em consideração, para peixes onívoros como as Tilápias, algumas fontes alternativas de alimentos têm se demonstrado vantajosas para uso em cultivos piscícolas, é o exemplo da *Azolla* sp, *Lemna* sp e outras plantas da família das Araceae como a *Landoltia punctata* (Iqbal, 1999; Somerville *et al.*, 2014). Essas macrófitas aquáticas além de serem palatáveis a Tilápia, em sua composição foram encontradas grandes quantidades de proteína bruta, sendo de 35 a 45% para as da subfamília Lemnoideae cultivadas em ambientes ricos em nutrientes, segundo Journey; Skillicorn e Spira (1993) e de 19 a 30% para plantas do gênero *Azolla* (HASAN e CHAKRABARTI, 2009).

Assim, esse trabalho tem por objetivo analisar o crescimento e ganho de peso de Tilápias e a qualidade da água em aquaponia. Sendo utilizado como alimentação para os peixes diferentes porcentagens de Ração comercial consorciada com as macrófitas aquáticas *Landoltia punctata* e *Azolla foliculoides*.

Material e Métodos

O projeto prático foi desenvolvido no Campo do Conhecimento do Centro Universitário Adventista de São Paulo – UNASP-EC, localizado a -22°29'43.1"S -47°10'04.3"W, onde foram montados quatro sistemas Aquapônicos do tipo NFT (*Nutrient Film Technique*), conforme demonstrado na Figura 1.

Figura 1- Sistemas implantados no modelo NFT.



Fonte: Autor, 2020.

Nesse projeto conciliou-se a criação de Tilápias do Nilo com Alface crespa. Para tanto, foram colocados em cada tanque de criação 60 juvenis de tilápia, doados pela Piscicultura Poletti, pesando aproximadamente 36,8g cada, ou seja, uma biomassa de 2,2 kg aproximadamente, e permaneceram no sistema até ultrapassarem 500g de peso. As tilápias foram alimentadas com diferentes porcentagens de ração comercial da marca Neovia e das macrófitas aquáticas *Landoltia punctata* (da mesma família da *Lemna*, antes conhecida como *Spirodela punctata*) e *Azolla folioloides*, tendo como objetivo analisar a influência dessa alimentação no ganho de peso e crescimento dos peixes e na qualidade da água.

O delineamento experimental utilizado para ganho de peso e comprimento das tilápias foi inteiramente casualizado, usando 10 peixes como repetições para cada tratamento, já para análises de nitrato o delineamento foi em blocos casualizados. Ambos submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Cada sistema contou com uma caixa de fibrocimento com capacidade de 750L de água para a criação dos peixes, dois tambores de plástico de 200L, sendo um utilizado como filtro físico e outro como filtro biológico. No filtro físico foi colocado um termostato e uma resistência de 2000W para aquecer a água e mantê-la a uma temperatura de 25 °C aproximadamente. Já no filtro biológico, foi utilizado como material suporte para imobilização de bactérias, 100L de um produto conhecido como Biobob, doados pela empresa Bioproj Tecnologia Ambiental, que segundo os dados publicados por ela, o Biobob possui uma área superficial de 94.000 m²/m³. Também no filtro biológico, acoplou-se uma bomba d'água submersa com vazão de 1000 L h⁻¹ para promover a recirculação da água. Foi construído também uma bancada hidropônica de 2,0 x 1,20m com tubos de PVC (policloreto de vinila) de

DN75. Cada tubo localizava-se a 30cm de distância um do outro, num total de cinco tubos, com furos de 60 mm de diâmetro localizados de 30 em 30cm.

As tilápias chegaram no dia 22 de abril de 2020 e no dia 24 de abril foi realizada a primeira biometria para que fosse possível calcular a quantidade correta de alimento de acordo com a biomassa contida nos tanques, constatando o peso médio de 36,8g. Mas o Dia 0 se deu somente em 19 de maio de 2020 com as tilápias pesando $67,45 \pm 3,75g$, todo esse período foi destinado a adaptação dos peixes no sistema e ao método de alimentação. As tilápias foram alimentadas 3 vezes ao dia (as 8:30, 11:30 e 16:30 horas), sendo que no 1º trato era oferecido 50% da ração diária e 50% da quantidade de alimento alternativo diário, no 2º 25% do alimento alternativo e 25% de ração apenas para o tratamento que era apenas ração e no 3º trato oferecia-se os restantes 50% de ração e os outros 25% de alimento alternativo, e para o tratamento que recebia apenas ração, no ultimo trato recebia os 25% restantes. Para fins de pesquisa a taxa de alimentação foi fixada em 3% da biomassa do tanque até o final do experimento (Dia 131). Foi oferecido ração com 36% de PB desde a chegada dos peixes até o dia 76 de experimento, e do dia 77 até o 131 utilizou-se ração com 32% de PB. Sendo utilizado duas semanas antes do dia 76 para a adaptação a nova ração.

De *L. punctata* e *A. foliculoides* foram oferecidas 50% de cada, levando em conta sua umidade medida com um aparelho de infravermelho, 87% e 92% respectivamente, para que assim houvesse equivalência com a umidade da ração, ou seja, todos os cálculos da quantidade de alimento alternativo a serem oferecidos foram calculados com base na matéria seca. As porcentagens de alimentos por tratamento estão descritas na Tabela 1;

Tabela 1 - Divisão dos tratamentos e suas porcentagens e tipos de alimentações.

Tipos de alimentos	Tratamentos (% de alimentos)			
	Trat. 1	Trat. 2	Trat. 3	Trat. 4
Ração	100	95	90	80
<i>Landoltia punctata</i>	0	2,5	5	10
<i>Azolla foliculoides</i>	0	2,5	5	10

Fonte: Autor, 2020.

Por conta da falta de uma grande quantidade de *L. punctata* e *A. foliculoides* necessárias para os tratos diários, devido a utilização dessas plantas em sua forma *in natura*, manteve-se sempre 5 kg de peixes em cada tanque, ou seja, 6,67 kg/m³. Essa quantidade era mantida da seguinte forma: no dia posterior a cada biometria, depois de ter sido possível a elaboração das

médias de peso e comprimento, era realizada a retirada da quantidade de quilos peixes excedentes a 5kg de biomassa. Sendo a quantidade a ser retirada baseada na média de peso. A biometria era realizada a cada 30 dias como recomendam Queiroz *et al.* (2017), pesando uma quantidade de 10 peixes e medido o seu comprimento padrão, ou seja, aquele medido entre a extremidade anterior da cabeça e o menor perímetro do pedúnculo (inserção da nadadeira caudal).

No que diz respeito a qualidade da água, todos os dias era realizado a aferição da temperatura da água pela manhã as 08:00 horas e a tarde as 16:00 horas com o auxílio de um termômetro digital, assim como recomenda Hein *et al.* (2004). E a cada quinze dias em média, eram coletadas amostras de água direto da caixa dos peixes em uma profundidade de cerca de 25cm da superfície, sendo que dessas amostras eram analisadas *in loco* variáveis como: pH, oxigênio dissolvido, amônia (NH₃) e nitrito, realizadas com testes rápidos, colorimétricos, da marca Labcon. E uma vez ao mês uma bateria de amostras, sendo uma para cada ponto de coleta, eram catalogadas, etiquetadas e encaminhadas ao laboratório para análises de nitrato (NO₃⁻). Os pontos de coleta foram:

- Ponto 1: saída do tanque de peixes em direção ao filtro físico;
- Ponto 2: saída do filtro físico rumo ao filtro biológico;
- Ponto 3: saída do filtro biológico, sentido calha hidropônica;
- Ponto 4: saída da calha hidropônica e retorno ao tanque de peixes.

Os testes foram realizados com reagentes da marca Policontrol que possui certificação ISO 9001, da seguinte forma: primeiro foi feito o preparo da curva padrão de nitrato em um espectrofotômetro UV-Vis modelo GTA-96 da marca Global Trade, utilizando cubetas de quartzo e seguindo o método padrão para testes de nitrato, baseado na norma AWWA 4500-NO₃⁻ H, utilizando comprimento de onda de 530 nm, que era o recomendado pelo manual dos reagentes.

Resultados e Discussão

As médias de pesos (g) das tilápias coletados em cada biometria, podem ser observadas na Tabela 2. Os dados mostram que não houve diferenças significativas na primeira biometria (dia 0), ou seja, todos os tratamentos iniciaram com o mesmo peso. Na segunda biometria (dia 30) mesmo o Trat. 1 apresentando uma média de peso mais baixa que as demais, não diferiu significativamente ($p \leq 0,05$) das demais. E quanto ao ganho de peso diário (GPD) também foi mais baixo quando comparado aos outros tratamentos para o mesmo dia, observado na Figura

2.

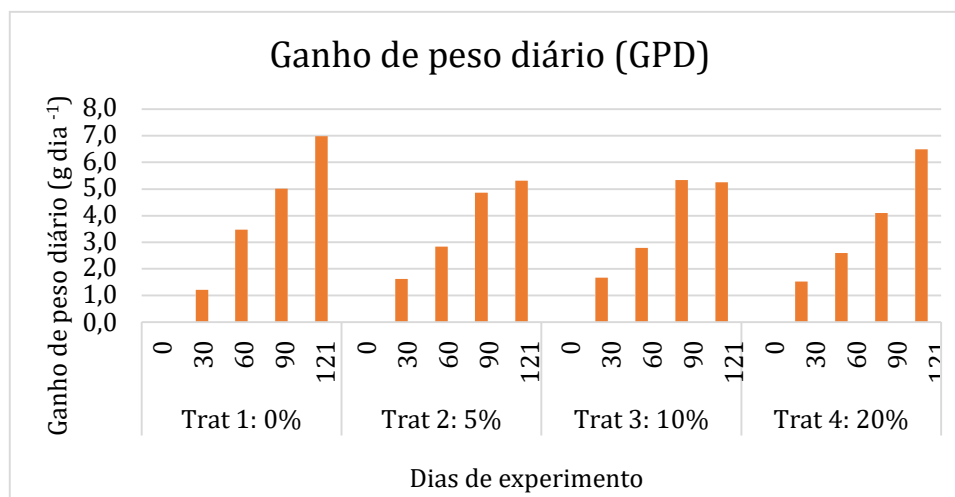
Tabela 2 - Peso das tilápias (g) em cada biometria em função da porcentagem de alimento alternativo (*Landoltia* e *Azolla*)

Tratamentos % de alimento alternativo)	Dia 0	Dia 30	Dia 60	Dia 90	Dia 121
	Peso (g)				
Trat. 1: 0%	71,4 a	108,1 a	212,7 a	363,2 a	580,1 a
Trat. 2: 5%	65,1 a	114,1 a	199,4 a	345,2 a	510,0 a
Trat. 3: 10%	63,5 a	113,9 a	197,7 a	358,0 a	521,1 a
Trat. 4: 20%	69,8 a	115,7 a	194,0 a	317,2 a	518,8 a

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Isso pode ter acontecido em decorrência da dieta oferecida relacionada com baixa temperatura da água nos sistemas que se deram desde o início da coleta de dados até o dia 12 do experimento, visto que ela encontrava-se em média $18^{\circ}\text{C} \pm 3,33$ e $22,5 \pm 2,70$ de manhã e à tarde respectivamente, pois segundo Braz Filho (2000), Rakocy *et al.* (2004) e Somerville *et al.* (2014) temperaturas baixas reduzem o consumo de alimento das tilápias consequentemente influenciando em seu ganho de peso.

Figura 2 - Ganho de peso diário (g dia⁻¹) medidos a cada trinta dias.



No dia 13 foi instalado aquecedores em todos os sistemas, mantendo-os em uma temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 1,21$ de manhã e $27,0 \pm 1,40$ no período da tarde. Depois disso os peixes começaram a não mais deixar sobras de alimento. Esse fato influenciou os resultados obtidos na terceira biometria, visto que o Trat.1 no dia 30 apresentara uma menor média e no dia 60 tinha a maior, porém não houve diferença estatística das demais, inclusive seu ganho de peso diário (GPD) também foi maior comparando aos outros tratamentos. Desta forma, mesmo

utilizando a *Landoltia* e a *Azolla* úmida separadas da ração, obteve-se resultados semelhantes aqueles encontrados por Datta (2011) que concluiu que a *Azolla* seca pode ser incorporada na ração de *Labeo rohita* em uma quantidade de até 25%.

Já Tavares *et al.* (2004) apresentou resultados diferentes dos de Datta (2011), pois ao utilizar *Lemna* sp seca na proporção de 50% ração e 50% lemna, na alimentação de tilápias, não notou diferença significativa ($p \leq 0,05$) do tratamento onde era oferecido somente com ração. Em comparação com o atual projeto, onde foi utilizado *L. punctata* e *A. foliculoides* em sua forma *in natura* possuindo um alto teor de umidade, 87% e 92% respectivamente, em porcentagem de substituição de 20%, o peso deles se manteve igualmente crescente.

No dia 90 e 121, ou seja, 4° e 5° biometria, os resultados foram os mesmos obtidos nas biometrias anteriores, ou seja, sem diferenças significativas, sendo que a partir da 4° havia uma sobra de *Landoltia* e *Azolla* nos tratamentos 3 e 4 e sobras de ração nos tratamentos 1, 2 e 3. Isso devido a retirada de peixes para que fosse mantido 5 kg de biomassa. Mas mesmo com sobras não diferiram significativamente ($p \leq 0,05$) dos demais, mas nota-se uma diferença nítida no GPD do Trat. 4 no dia 121, pois era o único tratamento que não havia sobras de ração.

Apesar de Gaigher *et al.* (1984), Hassan e Edwards, (1992) e Somerville *et al.* (2014) indicarem a utilização de algumas lemnáceas e *Azolla* sp tanto em piscicultura normal quanto em sistemas de recirculação, entre eles a aquaponia, a fixação da alimentação em 3% da biomassa até o final do experimento, ou seja, com os peixes a 131 dias já implantados, o não balanceamento da questão nutricional, e sim da matéria seca, foram fatores que levaram a sobras de alimentos e podem ter sido um limitante para um menor GPD nos tratamentos que haviam 5 e 10% de alimento alternativo.

Entretanto, mesmo havendo GPDs mais baixos e outros mais altos, na última biometria todos os tratamentos apresentaram índices superiores a 5 g dia⁻¹. Desta forma, fazendo uma média dos ganhos de pesos nos tratamentos com maiores GPDs, desde o começo da coleta dos dados até a última biometria os resultados mostram-se superiores aqueles apontados como ótimos para a aquaponia por Somerville *et al.* (2014), onde ele define que em condições ideais, tilápias podem partir de alevinos (5g) até a maturidade (500g) em cerca de 6 meses, ou seja, uma média de 2,75 g dia⁻¹. Além de que todos os peixes tiveram um ótimo ganho de peso, mesmo os alimentados com 20% de alimento alternativo úmido em substituição a ração.

Fasakin; Balogun e Fasuru (1999) após substituírem a farinha de peixe da ração por *Spirodela polyrrhiza*, que é da mesma família da *L. punctata* e da *Lemna* sp, em dietas para *Oreochromis niloticus* nas quantidades de (5, 10, 20, 30 e 100%), mantendo a um nível de 30%

de PB, afirmaram que rações contendo 30% dessa substituição, apresentaram maior custo-benefício. E Mohedano (2004) não constatou diferença significativa entre peso médio de alevinos de tilápia que foram alimentados com ração contendo 100% de substituição de farinha de peixe por farinha de *Lemna*, e com isso obteve 30% a menos de custos com alimentação. A vantagem que o presente projeto apresenta em relação aos apresentados por esses pesquisadores, é que o aquaponista muitas das vezes não possui equipamentos ou assistência técnica disponível para a fabricação desse tipo de ração, ao passo que a utilização de *Landoltia* e *Azolla* em sua forma *in natura* seriam para ele mais acessível.

No que diz respeito ao comprimento padrão (cm) dos peixes, os resultados de cada tratamento estão descritos na Tabela 3. Dados esses medidos em cada biometria. No dia 0 não houve diferença significativa entre os tratamentos, ou seja, todos começaram com o mesmo padrão de comprimento.

Tabela 3 - Comprimento padrão das tilápias (cm) em cada biometria em função da porcentagem de alimento alternativo (*Landoltia* e *Azolla*).

Tratamentos (% de alimento alternativo)	Dia 0	Dia 30	Dia 60	Dia 90	Dia 121
	Comprimento (cm)				
Trat. 1: 0%	12,30 a	14,90 a	19,40 a	21,54 a	25,25 a
Trat. 2: 5%	12,65 a	15,10 a	18,65 a	22,55 b	25,55 a
Trat. 3: 10%	12,45 a	14,80 a	18,70 a	21,85 a	24,85 a
Trat. 4: 20%	12,90 a	15,40 a	18,60 a	20,95 a	25,05 a

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Nas biometrias do dia 30, 60 e 120 nenhum dos tratamentos apresentaram comprimento padrão diferente ($p \leq 0,05$), ou seja, a utilização de até 20% de *Landoltia* e *Azolla* além de não impactar o ganho de peso, os peixes também apresentaram um ótimo crescimento. Em comparação, Graeff *et al.* (2007) apresentaram resultados diferentes aos da presente pesquisa, em que avaliaram o potencial nutritivo da Macrófita aquática *Lemna minor* e a sua utilização em ração para carpa comum (*Cyprinus carpio* L.) em substituição de 0, 6, 12 e 18% da proteína oriunda do farelo de soja na fase de recria, constataram que os resultados dos comprimentos não apresentaram diferenças significativas ($p \leq 0,01$), ao passo que o peso dos peixes sim. E quando Graeff *et al.* (2007) relacionaram o peso com o comprimento, chegaram à conclusão de que 6% de substituição é o percentual ideal.

Em contrapartida, Appler (1985) chegou à conclusão que pode ser realizada a substituição da farinha de peixe usada na dieta de *Oreochromis niloticus* e *Tilapia zillii*, por farinha de *Hydrodictyon reticulatum*, sem efeitos adversos no crescimento dos peixes. E

Fasakin; Balogun e Fasuru (1999) em estudos afirmaram que a utilização de 30% de lentilha d'água em substituição a farinha de peixe, demonstraram o melhor crescimento. Em contraposição Ngugi et al. (2017) afirmam que 80% da farinha de peixe da ração oferecida para tilápia do Nilo pode ser substituída por concentrados de proteína de *Amaranthus hybridus* sem afetar seu crescimento.

No dia 90 o tratamento contendo 5% de alimento alternativo apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$) quanto aos demais, diferença essa que não mais é notada no dia 121. Isso pode ter acontecido devido ao fato de que no dia 77 foi realizada a substituição total da ração de 36% de PB pela de 32% de PB, ou seja, o período de adaptação a nova ração (duas semanas) e a sua troca total em seguida pode ter desbalanceado nutricionalmente a dieta dos peixes que, segundo De Oliveira (2017), o crescimento das tilápias pode ser afetado em função de uma dieta desbalanceada. Outro fator que pode ter causado essa diferença, pode ter sido algum parâmetro da água que não foi analisado, pois Somerville *et al.* (2014) afirmam que a qualidade da água influencia no desenvolvimento dos peixes.

No dia 73 foi realizado a primeira análise de nitrato (Tabela 4), ocorrendo diferenças significativas entre os tratamentos 2 e 3 os quais apresentaram as maiores concentrações de NO_3^- .

Tabela 4 - Quantidade de Nitrato (NO_3^-) (mg L^{-1}) presentes em cada tratamento e nos pontos de coleta em função da porcentagem de alimento alternativo (*Landoltia* e *Azolla*).

Tratamentos (% de alimento alternativo)	Dia 73	Dia 105	Blocos (ponto de coleta)	Dia 73	Dia 105
	Nitrato (mg L^{-1})			Nitrato (mg L^{-1})	
Trat. 1: 0%	7,86 a	5,90 a	PC 1	15,96 b	6,31 a
Trat. 2: 5%	11,41 b	6,34 a	PC 2	12,57 a	5,82 a
Trat. 3: 10%	25,29 c	6,35 a	PC 3	11,13 a	5,89 a
Trat. 4: 20%	8,07 a	5,25 a	PC 4	12,99 a	5,83 a

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de significância.

Esse acúmulo de nitrato pode ter acontecido em função do desbalanço nutricional da água, que acabou impedindo as plantas de absorverem nitrato. Pois de acordo com Lopes; Silva e Guedes (2015), o desbalanço nutricional de sais pode levar a deficiência ou toxicidade mineral, resultando até na morte das raízes por queima. E no experimento, o Trat. 2 apresentou deficiência nutricional e o 3 não havia uma boa quantidade de raízes quando comparado ao Trat. 4.

O pH também pode ter sido o causador dessa deficiência nutricional do Trat. 2, pois em uma análise realizada no dia 65 do experimento, ele encontrava-se em 7,0, enquanto o do Trat.

4 estava a 6,8. E de acordo com Somerville *et al.* (2014) é ideal que o pH esteja um pouco abaixo de 7,0, tornando o meio mais ácido, para que as plantas tenham uma melhor absorção dos nutrientes.

Já a respeito dos resultados obtidos nos pontos de coleta, apenas o PC 1 apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$), visto que esse ponto correspondeu à saída do tanque de peixes, rumo ao filtro de sólidos. Esse acúmulo se deu ali pelo motivo de que a água que passava pelas plantas e parte da água do filtro biológico voltava para o tanque, e não havendo plantas que o absorviam a quantidade de NO_3^- mostrou-se mais elevada. As quantidades de NO_3^- amostradas no dia 105 não diferiram entre si, mas também os resultados foram baixos, que pode ter acontecido devido a retirada de peixes no dia 91, o que ocasionou sobras de alimento por parte deles, afetando também a relação peixe planta (SOMERVILLE *et al.*, 2014).

Parâmetros de qualidade da água, também considerados de grande importância na aquaponia, são os descritos nas Figuras 3 e 4 (nitrito e amônia).

Figura 3 - Concentração de Nitrito (NO_2^-) dividida por tratamentos e por dias de experimento.

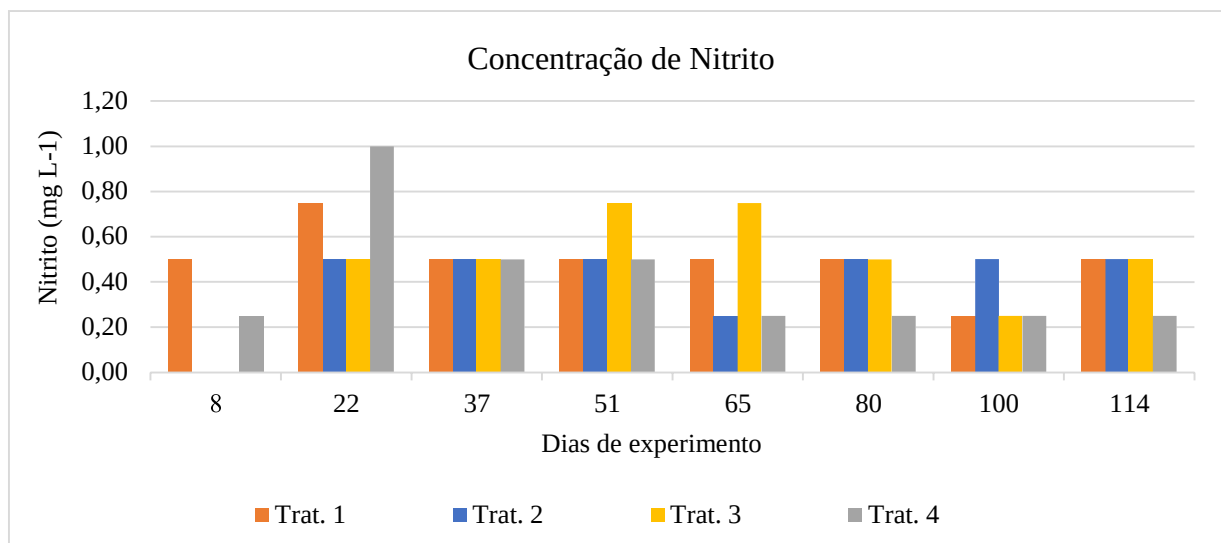
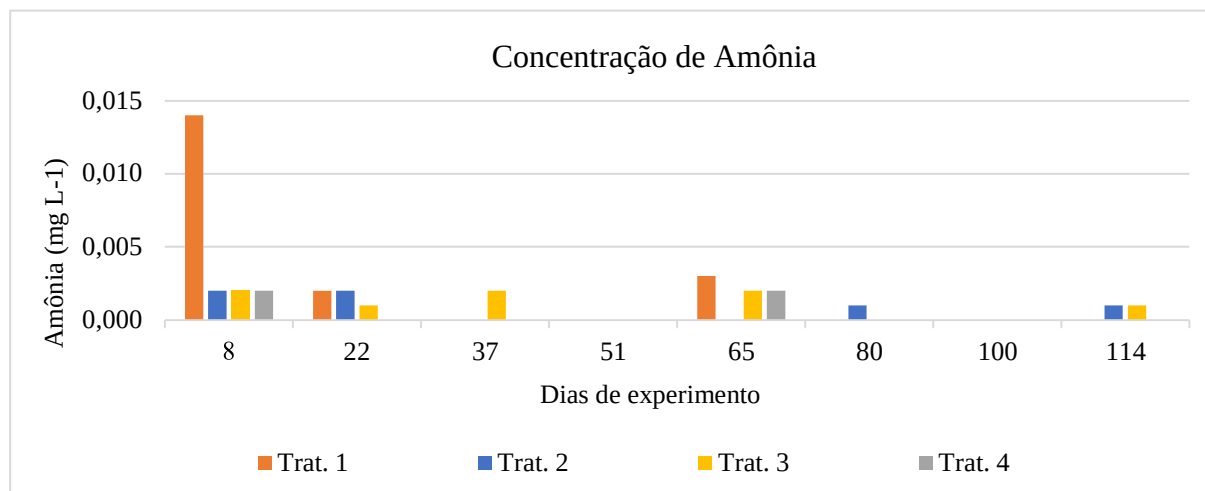


Figura 4 - Concentração de amônia tóxica (NH_3) dividida por tratamento e por dias de experimento.



O nitrito manteve-se entre 0,0 e 1,0 mg L^{-1} e a amônia abaixo de 0,014 mg L^{-1} , ou seja, dentro das concentrações consideradas aceitáveis para a aquaponia, < 1 mg L^{-1} , recomendadas por Braz filho (2000) e Somerville *et al.* (2014). Apesar de Borges (2009) e Queiroz *et al.* (2017) apontarem níveis ideais de nitrito < 0,5 mg L^{-1} , não foi constatado sinais de intoxicação dos peixes em nenhum dos tratamentos. Já a respeito do pH dos sistemas, em todos iniciou com 7,2 e devido a influências na absorção de nutrientes pela cultura da alface, disposta na hidroponia, diminuiu para 6,8 utilizando ácido fosfórico (H_3PO_4). E o oxigênio dissolvido também manteve-se dentro dos limites apresentados por Queiroz *et al.* (2017) em todos os tratamentos, ficando entre 4 e 8 mg L^{-1} .

Conclusões

Pode ser realizada a substituição de até 20% da ração comercial oferecida como alimento para tilápias em aquaponia, por *Landoltia punctata* e *Azolla foliculoides* em sua forma *in natura*, sem que haja impactos negativos no ganho de peso, crescimento e na qualidade da água do sistema. Mas, estudos devem ser realizados para que se comprove cientificamente se quantidades maiores que 20% impactariam negativamente ou não os índices zootécnicos dos peixes e a qualidade da água. Conclui-se também que a utilização dos alimentos alternativos em sua forma úmida, traz maior facilidade de manuseio e melhor custo benefício ao aquaponista. Já no que diz respeito as sobras de alimentos, o ideal é que a porcentagem de alimento em relação a biomassa de peixes no tanque seja diminuída assim que o tratador note a presença de restos.

Referências

- APPLER, H. . Evaluation of Hydrodictyon reticulatum as protein source in feeds for Oreochromis (Tilapia) niloticus and Tilapia zillii. **Journal of Fish Biology**, p. 327–334, 1985.
- BARONE, R. S. C. **Boletim Ativos Aquicultura**. p. 1–8, 2017. BORGES, A. M. **Criação de Tilápias**: 2. ed. Brasília, DF, 2009.
- BRAZ FILHO, M. DOS S. P. **Qualidade na Produção de Peixes em Sistema de Recirculação de Água**. p. 1–41, 2000.
- DATTA, S. N. Culture of Azolla and its efficacy in diet of Labeo rohita. **Aquaculture**, v. 310, n. 3–4, p. 376–379, 2011.
- DE OLIVEIRA, G. R. **Nutrição e alimentação de peixes**. Viçosa - MG: CPT, 2017.
- DE SIQUEIRA, T. V. **Aquicultura : a nova fronteira para produção de alimentos de forma sustentável**. p. 119–170, 2018.
- FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals**. Roma: Licença: CC BY-NC-SA 3.0 IGO., 2018. v. 3
- FASAKIN, E. A.; BALOGUN, A. M.; FASURU, B. E. Use of duckweed, Spirodela polyrrhiza L. Schleiden, as a protein feedstuff in practical diets for tilapia, Oreochromis niloticus L. **Aquaculture Research**, p. 313–318, 1999.
- GRAEFF, Á. et al. Avaliação do potencial nutritivo da Macrófita aquática Lemna minor , por meio da análise da composição química e por sua utilização em ração para carpa comum (Cyprinus carpio L .) na fase de recria 1. **Evidência**, v. 7, p. 37–50, 2007.
- HASAN, M. R.; CHAKRABARTI, R. **Use of algae and aquatic macrophytes as feed in small-scale aquaculture: a review**. Rome, Italy: FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, 2009.
- HEIN, G. et al. **MODELO EMATER DE PRODUÇÃO DE TILÁPIA**. Oreochromis niloticus. p. 27, 2004.
- IQBAL, S. Duckweed Aquaculture. Potentials, Possibilities and Limitations for Combined Wastewater Treatment and Animal Feed Production in Developing Countries. **SANDEC Report No. 6/99**, n. 6, p. 1–89, 1999.
- JOURNEY, W.; SKILLICORN, P.; SPIRA, W. **A new aquatic farming system for developing countries**. World Bank ed. Washington. D.C: World Bank Publication, 1993. v. 76
- LAM, S. S. et al. Biological nutrient removal by recirculating aquaponic system: Optimization of the dimension ratio between the hydroponic & rearing tank components. **International Biodeterioration and Biodegradation**, v. 102, p. 107–115, 2015.
- LOPES, C. A.; SILVA, J. B. C. DA; GUEDES, Í. M. R. Doenças em Cultivos Hidropônicos e Medidas de Controle. **Comunicado Técnico - Embrapa**, p. 1–12, 2015.

MOHEDANO, R. DE A. **Tratamento de efluente e produção de alimento, em cultivos de tilápias (*Oreochromis niloticus*), através da macrófita aquática *Lemna valdiviana* (Lemnaceae).** 2004. Dissertação (Mestrado em Aquicultura) - Universidade Federal de Santa Catarina), Florianópolis.

NGUGI, C. C. et al. Characterization of the nutritional quality of amaranth leaf protein concentrates and suitability of fish meal replacement in Nile tilapia feeds. **Aquaculture Reports**, v. 5, p. 62–69, 2017.

PEIXE BR. Anuário PeixeBR da Piscicultura 2019. p. 147, 2019.

QUEIROZ, J. F. DE et al. Boas práticas de manejo para sistemas de aquaponia. **Documentos 113-EMBRAPA**, p. 30, 2017.

RAKOCY, J. E. et al. Update on tilapia and vegetable production in the UVI aquaponic system. New dimensions on farmed tilapia. **Proceedings from the 6th International Symposium on Tilapia in Aquaculture**, p. 1–15, 2004.

RAKOCY, J. E.; MASSER, M. P.; LOSORDO, T. M. Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics—Integrating Fish and Plant Culture. **Consumption Markets & Culture**, p. 16, 2006.

SOMERVILLE, C. et al. **Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming.** FAO (Ed.) ed. Rome, Italy: FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, 2014.

TAVARES, F. DE A. et al. **Utilização da *Lemna* sp, como fonte alternativa de alimentos para tilápias.** 2004, Disertação de Mestrado - UFSC, Florianópolis.

TRANG, N. T. D.; KONNERUP, D.; BRIX, H. Effects of recirculation rates on water quality and *Oreochromis niloticus* growth in aquaponic systems. **Aquacultural Engineering**, v. 78, p. 95–104, 2017.