



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS
CURSO DE ENGENHARIA DE PESCA**

ELVIS LUAN SANTANA MATOS

**PRODUÇÃO DE *Lemna valdiviana* COM FERTILIZANTE ORGANICO
COMERCIAL PARA AQUICULTURA**

CRUZ DAS ALMAS

2019

ELVIS LUAN SANTANA MATOS

**PRODUÇÃO DE *Lemna valdiviana* COM FERTILIZANTE ORGANICO
COMERCIAL PARA AQUICULTURA**

**Trabalho de Conclusão de Curso
submetido à Coordenação do Curso de
Graduação em Engenharia de Pesca, da
Universidade Federal do Recôncavo da
Bahia como requisito parcial para
obtenção do Grau de Bacharel em
Engenharia de Pesca.**

**Orientador: Prof. Clóvis Matheus Pereira,
D. Sc.**

CRUZ DAS ALMAS

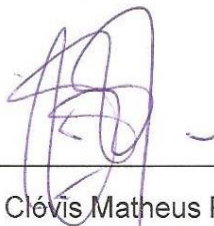
2019

ELVIS LUAN SANTANA MATOS

PRODUÇÃO DE *Lemna valdiviana* COM FERTILIZANTE ORGANICO COMERCIAL
PARA AQUICULTURA

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi submetido à Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia de Pesca como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Pesca, outorgado pela Universidade Federal do Recôncavo da Bahia.

Aprovado em 20 / 09 / 2019



Prof. Clóvis Matheus Pereira, D.Sc.

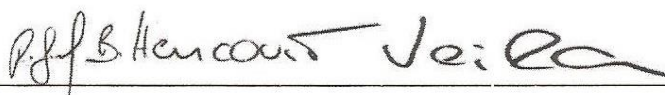
UFRB



Prof.ª Carla Fernandes Macedo, D.Sc.

1º Membro

UFRB



Rafael Bittencourt Vieira, M.Sc.

2º Membro

UFRB

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer este Trabalho de Conclusão de Curso às seguintes pessoas:

Primeiramente agradeço à DEUS, por ter me dado forças para vencer mais essa longa e importante etapa de minha vida, por ter feito um guerreiro que desiste das coisas e percorre uma jornada até o final. Dias, noites e graças a ele perseverarei e consegui mais uma conquista. À Nossa Senhora/mãe em que momento clamei e ela me ouviu, seu filho Jesus Cristo em que momento nenhum me deixou fraquejar.

Segundo, dedico essa dissertação a meu avô, Sr. Roque (in memoriam), por nunca ter desacreditado da minha capacidade, por me mostrar o valor de um homem e ser sempre um homem honesto e paciente.

À minha mãe, Meire, que por sua influência me mostrou o que ser uma pessoa batalhadora e a nunca desistir sem tentar. Aquela pessoa que sempre foi meu ponto de apoio e segurança.

À meu pai, Antonio, que me fez perceber o que carisma e um brilho no olhar é capaz de vencer até os dias mais terríveis, mais cansativos e exaustos.

À meu irmão/pai, Neto, que sempre deu broncas e reclamações mas essas que me fizeram perceber o quão importante é o seu amor, seu incentivo a continuar sempre os estudos e força nas horas mais difíceis e nas piores disciplinas da graduação. À tia Keu por toda ajuda e carinho prestado.

Às minhas avós, Valda e Nice, que são até hoje minha base e um pilar de sustentação para tudo que sou. Que por todas as situações da vida nunca esqueceram de como sou e de quanto sou capaz de conseguir conquistar meus objetivos.

Ao professor Dr. Clovis Matheus Pereira, pela orientação, confiança e paciência na realização deste trabalho, obrigado por toda a ajuda e companheirismo.

Aos amigos Mario Neto e Laurentino Junior, que mostraram o que a palavra amizade é, sempre parceiros nos momentos felizes e difíceis da universidade e do cotidiano, sempre trazendo um momento de descontração e companheirismo.

Aos amigos: Luna Tateeana, Alice, Rodrigo Mascena, Layane, Daniele e Ithamar. Pois esses são os presentes mais importantes que a universidade me trouxe, amigos que sempre pude contar, o meu muito e eterno obrigado por toda confiança e carinho.

Obrigado! Amigos: Mara Chene, Lili, Aninha, Cássia, Thiago Oitaven, Tiago Sampaio, Laecio, Rafael borges, Gabriel Matos, Fabia, Shirlane, William, Brenne. Pois tais marcaram minha carreira acadêmica positivamente e que vou guardar sempre na minha memória.

Toda a gratidão por Izáira e sua família que foram importantes nessa minha jornada.

Aos meus amigos da “Gangue”: Luan, Victor, Ailton e Rena. Muito obrigado por todo o apoio.

A banca examinadora juntamente com a professora Mariana, minha sincera gratidão pelos conselhos e paciência.

Aos professores, que com muita paciência e dedicação, ensinaram-me não somente o conteúdo programático, mas também o sentido do respeito.

A quem não mencionei, mas fez parte do meu percurso eu deixo um profundo agradecimento porque com toda certeza tiveram um papel determinante nesta etapa da minha vida.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE TABELAS	188
RESUMO.....	19
ABSTRACT.....	20
1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS.....	12
2.1 Objetivo Geral.....	12
2.2 Objetivos Específicos	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
3.1 As lemnas	13
3.1.1 Descrição da espécie utilizada neste estudo: <i>Lemna valdiviana</i>	15
3.2 Aplicação de lemnas	16
4. MATERIAL E MÉTODOS	18
4.1 Localização	18
4.2 Desenho experimental	18
4.3 Qualidade da água	20
4.4 Análise de proteína bruta	21
4.5 Análise estatística dos dados	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5.1 Temperatura e pH.....	23
5.2 Produção de biomassa	Erro! Indicador não definido.4
5.3 Amônia (N-NH ₄).....	245
5.4 Nitrito (N-NO ₂)	256
5.5 Proteína bruta	27
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO.....	267

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33
--	-----------

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Amostra de lemnas.	13
Figura 2. Amostra de <i>Lemna valdiviana</i>	15
Figura 3. Desenho experimental inteiramente casualizado do cultivo de lemnas com 4 tratamentos e 3 repetições.	18
Figura 4. Fertilizante orgânico utilizado no experimento.	19
Figura 5. Material úmido em estufa para secagem (A). Material seco (B).	20
Figura 6. Amostras em tubos de Kjeldahl.	21
Figura 7. Concentração de N-amônia (mg.L-1) em função do tempo.	25
Figura 8. Concentração de N-nitrito (mg.L-1) em função do tempo.	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Características do excremento de aves existentes na embalagem do produto.....	19
Tabela 2. Temperatura média e pH registradas durante o período experimental por parcela de cultivo de <i>L. valdiviana</i>	23

RESUMO

A farinha de peixe é um produto usado nas rações de peixes, suínos e aves, devido ao alto valor nutricional. Devido a grande demanda, cada vez mais são necessárias novas fontes alternativas de proteína, economicamente viáveis e de simples processamento que possam substituir a farinha de peixe. Nos ambientes naturais, macrófitas aquáticas constituem um importante recurso alimentar para aves, peixes e insetos. Essas plantas na alimentação de animais, principalmente peixes, tem se mostrado uma alternativa promissora, devido ao baixo custo, facilidade de produção e qualidade alimentar. O objetivo deste estudo foi avaliar o desenvolvimento de *Lemna valdiviana* submetida a diferentes concentrações de nutrientes utilizando para adubação fertilizante orgânico comercial, através de um sistema de produção simples de ser desenvolvido na propriedade rural. O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e três repetições. Os tratamentos foram: T1 – 0,012 g.m⁻³ de Nitrogênio, T2 – 0,016 g.m⁻³ de Nitrogênio e T3 – 0,022 g.m⁻³ de Nitrogênio, além do Tratamento Controle (C), sem adubação. Foram analisadas as seguintes variáveis na água do cultivo: pH (o menor valor médio registrado foi de 7,0 e o máximo de 8,0), temperatura (a média mínima registrada foi de 30,0°C e a máxima de 38,0°C), N-nitrito (N-NO₂), N-amônia (N-NH₃), aos 1, 7 e 21 dias de experimento. Também foram analisadas a produção de biomassa seca foram: T1 – 13,6 t/ha/ano; T2 – 14,0 t/ha/ano; T3 – 18,5 t/ha/ano e C – 5,7 t/ha/ano, assim como teor de proteína bruta. Os teores de proteína bruta alcançados nesse estudo indicam um bom desenvolvimento da *L. valdiviana* com 24,58%, com possibilidade de melhoria da produtividade a partir do ajuste do método e da dosagem de fertilização

Palavras-chave: Macrófita, lemna, produção, nutrientes.

ABSTRACT

Fishmeal is a product used in fish, pork and poultry feed due to its high nutritional value. Due to high demand, new, economically viable, simple-to-process alternative protein sources that can replace fishmeal are increasingly needed. In natural environments, aquatic macrophytes are an important food resource for birds, fish and insects. These plants in animal feed, especially fish, have been shown to be a promising alternative due to their low cost, ease of production and food quality. The objective of this study was to evaluate the development of *Lemna valdiviana* submitted to different nutrient concentrations using commercial organic fertilizer for fertilization through a simple production system to be developed in the rural property. The experiment was carried out in a completely randomized design with four treatments and three replications. The treatments were: T1 - 0.012 g.m⁻³ Nitrogen, T2 - 0.016 g.m⁻³ Nitrogen and T3 - 0.022 g.m⁻³ Nitrogen, besides the Control Treatment (C), without fertilization. The following variables were analyzed in the cultivation water: pH (lowest average value was 7.0 and maximum 8.0), temperature (minimum average 30.0°C and maximum 38.0°C), N-nitrite (N-NO₂), N-ammonia (N-NH₃) at 1, 7 and 21 days of experiment. Also analyzed were the production of dry biomass: T1 - 13.6 t / ha / year; T2 - 14.0 t / ha / year; T3 - 18.5 t / ha / year and C - 5.7 t / ha / year, as well as crude protein content. The crude protein levels achieved in this study indicate a good development of *L. valdiviana* with 24.58%, with the possibility of productivity improvement by adjusting the method and fertilization dosage.

Keywords: macrophyte, lemna, production, nutrients.

1. INTRODUÇÃO

A farinha de peixe é um produto tradicionalmente usado em rações de peixes, suínos e aves, devido ao elevado valor nutritivo e por apresentar alta digestibilidade para grande número de espécies. Porém, com o elevado custo na sua produção, há uma demanda cada vez maior por fontes alternativas de proteína economicamente viáveis e de simples processamento que possam substituir a farinha de peixe (FERNANDES et al., 2001).

Segundo Pott (2000), em ambientes naturais, macrófitas aquáticas constituem um importante recurso alimentar para aves aquáticas, peixes e insetos. Estudar a eficiência dessas plantas na alimentação de animais, principalmente peixes, tem se mostrado uma alternativa promissora, devido ao baixo custo e qualidade alimentar. Aliado a isso, Iqbal (1999) afirma que a proteína de lemnas se assemelha a proteína animal encontrada em peixes, ovos e carnes.

As lemnas, como são conhecidas popularmente no Brasil, pertencem ao gênero de plantas aquáticas da subfamília Lemnoideae (MOHEDANO, 2010). São plantas aquáticas flutuantes, cosmopolitas e geralmente encontradas na superfície de águas paradas e ricas em nutrientes (SKILLICORN et al., 1993; SOUZA; LORENZI, 2005). Esse grupo vegetal possui como principal vantagem o acúmulo de biomassa em taxas maiores a outras plantas superiores, incluindo culturas agrícolas, são capazes de retirar nutrientes da água com grande eficiência (SKILLICORN et al., 1993; IQBAL, 1999). É por isso que vem-se produzido lemnas com a finalidade de utilizá-las na produção de ração.

Journey et. al (1993) afirmam que lemnas cultivadas em águas oligotróficas (pobres em nutrientes), a porcentagem de proteína produzida é relativamente baixa, cerca de 15 a 25%, enquanto que àquelas cultivadas em ambientes eutróficos (ricos em nutrientes) produzem mais proteína podendo conter entre 35 e 45%. Considerando que a qualidade nutricional das lemnas depende do manejo e da disponibilidade de nutrientes, o objetivo deste estudo foi avaliar o desenvolvimento de *Lemna valdiviana* submetida a diferentes concentrações de adubação com fertilizante orgânico comercial através de um sistema de produção que pode ser desenvolvido por pequenos produtores.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Avaliar o desenvolvimento de *Lemna valdiviana* submetida a diferentes concentrações de adubação com fertilizante orgânico comercial.

2.2 Objetivos Específicos

- Estudar o manejo e a produção de lemnas utilizando fertilizante orgânico comercial.
- Avaliar a produtividade da biomassa de lemnas submetidas diferentes concentrações de adubação com fertilizante orgânico.
- Verificar a qualidade da água com as diferentes concentrações de adubação.
- Medir o teor de proteína alcançado nas diferentes doses de adubação.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 As lemnas

De acordo com Mohedano (2010), o termo “*Lemna*” designa um gênero de plantas aquáticas pertencente à subfamília Lemnoideae (o grupo botânico anteriormente conhecido como família Lemnaceae tem sofrido mudanças em sua taxonomia devido aos avanços das técnicas de biologia molecular). Contudo, a designação “lemna” vem sendo utilizada popularmente para a identificação genérica desse grupo vegetal, desconsiderando as regras de nomenclatura científica, e dessa forma será adotado no presente trabalho. Outros termos como “lentilha d’água”, “marrequinha” e o termo utilizado em inglês, “duckweed” também são empregados para nomear as lemnas.

As lemnas são monocotiledôneas classificadas como plantas superiores, ou macrófitas, consideradas as menores plantas vasculares do mundo, sendo frequentemente confundidas com algas (SKILLICORN et al., 1993). São de livre flutuação, caracterizadas por um crescimento rápido e contínuo que pode cobrir completamente a superfície de água (Figura 1) (SHAMMOUT et al., 2015).



Figura 1. Amostra de lemnas. Fonte: Autor

Por serem flutuantes, essas plantas respondem de forma mais eficaz na remoção de nutrientes, quando comparadas às enraizadas, já que estas atuam no sedimento enquanto que as flutuantes retiram nutrientes diretamente da coluna d’água

(SHIMODA, 1984; MOHEDANO, 2004). As lemnas apresentam crescimento rápido, com taxas exponenciais, podendo dobrar a produção em dois a três dias quando em condições ideais de luz, temperatura e nutrientes (CULLEY; MEYERS, 1980; MBAGWU; ADENIJI, 1988; FRANÇA, 2008).

Possuem ampla distribuição, exceto na zona ártica e antártica, e sendo rara em zonas com baixa precipitação (LANDOLT, 1996; PEREIRA S. F. et al., 2016). Geralmente são encontradas crescendo em camadas densas na superfície de águas ricas em nutrientes, paradas ou com pouca movimentação (BARÉA; ALEM SOBRINHO, 2006). Embora também possam aparecer junto a outras formações como florestas, restingas e até afloramentos rochosos (COELHO et al., 2009; PEREIRA S. F. et al., 2016). A América do Sul é considerada o centro de dispersão tropical e subtropical por apresentar as espécies principais em termos de evolução de cada gênero (LANDOLT, 1986).

Comparadas a outras plantas, essas macrófitas têm um baixíssimo conteúdo de fibras (aproximadamente 5%) e por isto não requer estrutura para sustentar as suas folhas e caule (BARÉA; ALEM SOBRINHO, 2006). Têm morfologia relativamente simples, uma vez que não possuem caules ou folhas verdadeiras (FRANÇA, 2008), ao invés disso, possuem um componente simplificado chamado de fronde que se trata da fusão de folha e caule, em uma única estrutura (MOHEDANO, 2010; LALAU, 2010).

A reprodução assexuada é a forma mais frequente de propagação (CULLEY; MEYERS, 1980; TAVARES, 2004; CROSS, 2006). Nesse processo uma fronde dá origem à outra, podendo ocorrer cerca de vinte vezes em um período que pode variar de 10 dias a algumas semanas, até que a planta entre em seu período de senescência, resultando em um crescimento exponencial (TAVARES, 2008). Porém, o manejo inadequado pode reduzir esse crescimento por conta de fatores como: extremos valores de pH, a falta e também o excesso de nutrientes, alta densidade e competição com outras plantas por luz e nutrientes. Para garantir a otimização das taxas de reprodução é necessário fazer a remoção periódica da biomassa excedente e o manejo adequado nos nutrientes presentes na água (CULLEY; MYERS, 1980; FRANÇA, 2008).

Devido ao tamanho diminuto de suas flores e por apresentarem uma estrutura muito simples, a taxonomia deste grupo vegetal é de difícil delimitação dos táxons e divergente entre os autores, devendo sua identificação frequentemente ser auxiliada

por dados de distribuição geográfica (LANDOLT, 1986). Na literatura são descritos 5 gêneros: *Lemna*, *Wolffia*, *Landoltia*, *Spirodela* e *Wolffiella* (POTT et al., 2002) e cerca de 40 espécies (SKILLICORN et al., 1993).

3.1.1 *Lemna valdiviana*.

Dentre os gêneros descritos na literatura, *Lemna* e *Spirodela* são os mais conhecidos. A *Lemna valdiviana* (Figura 2), comumente encontrada no território brasileiro é restrita ao clima quente temperado, subtropical e tropical da América do Norte e América do Sul e têm preferência por ambientes lênticos, não profundos, levemente sombreados (POTT; CERVI, 1999).

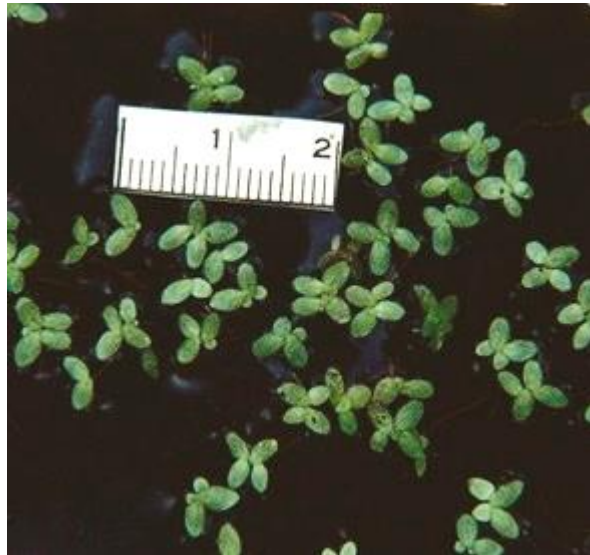


Figura 2. *Lemna valdiviana* em um tanque. Fonte: Arnildo Pott.

É caracterizada por apresentar suas frondes flutuantes ou levemente submersas (POTT; CERVI, 1999; PEREIRA S. F. et al., 2016). Forma comunidades juntamente com outras espécies como *Wolffiella lingulata*, *W. oblonga*, *Wolffia columbiana* e *Spirodela intermedia*, que ocorrem em menor proporção (POTT; CERVI, 1999). A classificação taxonômica da espécie utilizada encontra-se a seguir:

Reino: Plantae
Divisão: Angiospermae
Classe: Monocotyledoneae
Ordem: Arales

Família: Araceae (Lemnaceae)
Subfamília: Lemnoideae
Gênero: *Lemna*
Espécie: *Lemna valdiviana*

No Brasil pode ser encontrada na Amazônia, Caatinga e Mata Atlântica, nos estados do Amazonas, Bahia, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Rio de Janeiro, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina (BFG, 2015; PEREIRA, S. F. et al., 2016). Assim sendo utilizadas para diversas finalidades, dentre elas, o tratamento de efluentes, alimentação animal e até para a produção de energia (LIU et al., 2015).

3.2 Manejo e produção de lemnas

Em diversos estudos tem-se produzido lemnas com fertilizante animal visando alimentação de peixes (GOMEZ, 2000; LY, 2004; MOHEDANO, 2004; TAVARES, 2004; FRANÇA, 2008) e utilização destas macrófitas na produção de ração.

Segundo IQBAL (1999), a utilização de lemnáceas na alimentação de peixes é a forma mais comum de aplicação da biomassa produzida. Também podem ser aplicadas na superfície de lagoas de estabilização para contribuir com a recuperação de nutrientes a partir das águas residuárias (CAICEDO et al. 2000). A vantagem está na alta produtividade (cerca de 8,5kg/m².ano em peso seco, MATOS et al., 2014), podendo ser colhidas durante o ano todo.

Essa macrófita é também uma das principais plantas utilizadas em diversos experimentos de morfogenética e toxicologia pela rápida propagação em pouco espaço físico (POTT, 2000).

Segundo Journey et al. (1993) o manejo de populações de lemnas é simples, podendo ser efetuado manualmente com auxílio de telas ou peneiras. A produtividade das lemnas depende de uma adequada carga de nutrientes na água, porém pode ocorrer competição com algas unicelulares, onde a entrada de luz solar na coluna d'água uma camada densa de biomassa lemnácea (BARÉA; ALEM SOBRINHO, 2006; IQBAL, 1999; JOURNEY; SKILLICORN; SPIRA, 1993).

A remoção periódica da biomassa excedente e o manejo adequado dos nutrientes na água garantem a otimização das taxas de reprodução (CULLEY et al., 1980). Além disso a alta densidade de lemnas também pode tornar-se um fator prejudicial, pois provoca o acúmulo da sua biomassa, que por sua vez resulta na redução de crescimento e no aumento da idade média da população das frondes, com consequente enfraquecimento da resistência a ataques de fungos e caracóis (IQBAL, 1999; JOURNEY; SKILLICORN; SPIRA, 1993). Körner et al. (1998) constataram que as frondes mortas ao serem decompostas liberam os nutrientes removidos e dessa forma contribuem para elevar a matéria orgânica dissolvida no meio.

Uma das características mais importantes das lemnáceas é a eficiência na absorção de amônia, nitratos, fósforo, potássio, magnésio, cálcio e sódio, podendo remover aproximadamente 99% dos nutrientes e sólidos dissolvidos na água (CROSS, 2000). A absorção direta da amônia é confirmada por diversos autores como a principal via de remoção de nitrogênio (SMITH; MOELYOWATI, 2001; CULLEY et al. 1980; PORATH; POLLOCK, 1982; CAICEDO et al., 2002; MOHEDANO, 2010).

Para que a produção de lemnas possa prosperar, três fatores necessitam ser equilibrados e mantidos dentro de limites ideais que são: temperatura, cargas de nutrientes e pH (JOURNEY et al., 1993). O pH influencia diretamente no processo de absorção de nitrogênio amoniacal pelas macrófitas, visto que em pH elevado a amônia apresenta efeito (CAICEDO, 2005).

Considerando uma produtividade anual média de 17,6 t/ha/ano com nível proteico de 37% na matéria seca, a produção de proteína por hectare da lemna é mais alta do que a maioria dos vegetais cultiváveis e cerca de 10 vezes maior que a da soja (JOURNEY et al. 1993; IQBAL, 1999). O sucesso na produção e melhoria da técnica pode resultar na demanda do produto e consequente aumento de seu valor econômico (PORTELINHA, 2011).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Localização

O trabalho foi realizado no Laboratório de Qualidade de Água do Núcleo de Estudos em Pesca e Aquicultura (NEPA), da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, município de Cruz das Almas – BA, com coordenadas geográficas 12°40' 0" S, 39° 06' 23" W, altitude de 220 m.

4.2 Desenho experimental

Foi realizado um experimento com duração de 21 dias, onde o sistema de produção de lemnas foi montado com um desenho experimental em delineamento inteiramente casualizado com quatro tratamentos e três repetições (Figura 3). Para isso foram utilizadas 12 bandejas (0,15 x 0,50m) com capacidade de 12 litros com reposição de água a cada 4 dias, sendo os tratamentos: T1 – 0,012 g.m⁻³ de Nitrogênio, T2 – 0,016 g.m⁻³ de Nitrogênio e T3 – 0,022 g.m⁻³ de Nitrogênio, além do Tratamento Controle (C), sem adubação e utilizando água proveniente de um lago artificial proveniente do próprio local. A adubação era feita a cada 2 dias nos T1, T2 e T3, respectivamente.



Figura 3. Desenho experimental inteiramente casualizado do cultivo de lemnas com 4 tratamentos e 3 repetições. Fonte: Autor.

O nitrogênio foi proveniente do fertilizante orgânico Simples Classe A – Torta de Frango, produzido por Cofertil Indústria e Comércio de Fertilizantes LTDA (Figura 4), cujas características químicas estão registradas em tabela (Tabela 1).



Figura 4. Fertilizante orgânico utilizado no experimento. Fonte: Autor.

Tabela 1. Características do excremento de aves existentes na embalagem do produto.

UMIDADE MÁXIMA (%)	NITROGÊNIO TOTAL (%)	CARBONO ORGÂNICO TOTAL (%)	ph (%)
30,0	1,0	20,0	6,0

A biomassa coletada no intervalo de 21 dias foi encaminhada para estufa a 50 °C por 24 horas e pesada em balança analítica FA2104N - Celtac (máx. 220g – min. 10g) (Figura 5) para cálculo do peso seco, conforme procedimento descrito por MOHEDANO (2004). Levar para o final

A coleta foi parcelada com uma peneira plástica e quando a superfície da bandeja estava cheia uma parte da biomassa foi removida no manejo de rotina,

separada, acondicionada em sacos plásticos previamente identificados e, em seguida, levada para o laboratório, sendo armazenada em geladeira para posterior análise da produção total. A quantificação final foi a soma das parciais em gramas de material seco obtido, sendo material analisado em relação a um teor proteico para verificar a qualidade nutricional (Figura 5).



Figura 5. Material úmido em estufa para secagem (A). Material seco (B). Fonte: Autor.

4.3 Qualidade da água

A qualidade da água foi avaliada nas unidades experimentais nos dias 1, 7 e 21. Para isso, um volume de 40 mL de água foi amostrado de cada tratamento, e em seguida congelado em garrafas plásticas para preservação. Foi analisado N-amônia (N-NH₃) com kit de análise de água comercial da Labcon Test, pelo método colorimétrico e N-Nitrito utilizando leituras em espectrofotômetro tipo Coleman 35D, e padrões para as curvas seguindo as normas do Standard Methods (APHA, 1992). Também foram registrados os valores de temperatura e pH com pHmetro Quimis nos referidos dias em cada parcela experimental de cultivo.

4.4 Análise de proteína bruta

O teor de nitrogênio por destilação foi determinado pelo método de Micro-Kjeldahl (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC, 2005), usando o fator 6,25 para conversão do resultado em proteína bruta.

A princípio foi pesada 0,2 g da amostra e em seguida transferida para os 12 x 2 = 24 réplicas de Kjeldahl (Figura 7). Foram adicionadas 3,5g de mistura catalítica (que acelera a oxidação da matéria orgânica) e 10mL de ácido sulfúrico concentrado para a decomposição da matéria orgânica.

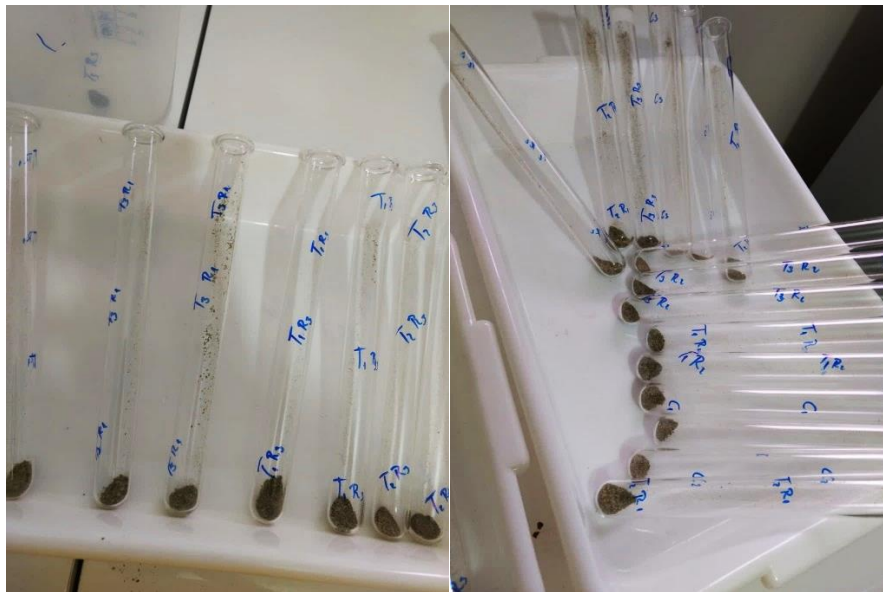


Figura 6. Amostras em tubos de Kjeldahl. Fonte: Autor.

Em seguida as amostras foram aquecidas em bloco digestor (Figura 8), a princípio lentamente, mantendo a temperatura de 100°C por 30 minutos. Depois a temperatura foi elevada gradativamente até atingir 350°C para ocorrer a digestão das amostras.

Quando o líquido se tornou límpido e transparente, de tonalidade azul esverdeada, as amostras foram retiradas do aquecimento para resfriar por,

aproximadamente, 15 min, adicionando pequena porção de água destilada para não cristalizar.

Após a digestão iniciou-se o processo de destilação (Figura 9). Onde o nitrogênio presente na solução ácida resultante foi determinado por arraste de vapor. A última etapa do processo correspondeu a titulação do destilado (Figura 10) com uma solução padrão de ácido clorídrico (HCl) 0,1mol/L até a viragem do indicador (VL). Seguida de titulação de prova em branco (VB).

O nitrogênio total (NT) foi determinado pela seguinte equação:

$$NT = \frac{(Va - Vb) \times F \times 0,1 \times 0,014 \times 100}{P1}$$

Onde:

NT – teor de nitrogênio total na amostra, em percentagem;

Va – volume da solução de ácido clorídrico gasto na titulação da amostra, em mililitros;

Vb – volume da solução de ácido clorídrico gasto na titulação do branco, em mililitros;

F – fator de correção para o ácido clorídrico 0,01 mol/L;

P1 – massa da amostra (em gramas).

Para determinação da proteína bruta, o valor nitrogênio total foi multiplicado por um fator que converteu o nitrogênio em proteína. A proteína bruta (PB) foi expressa pelo fator 6,25 e utilizada na expressão abaixo para determinar a proteína bruta:

$$PB = NT \times Fn$$

Onde:

PB – teor de proteína bruta na amostra, em percentagem;

Fn – 6,25.

Os resultados das análises de proteína bruta foram plotados em planilhas eletrônicas para proceder as análises estatísticas dos dados a fim de fazer as possíveis correlações com outros vegetais.

4.5 Análise estatística dos dados

As médias, quando significativas, foram submetidas à análise de variância ANOVA e comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Temperatura e pH

A temperatura mínima da água de cultivo registrada durante o período experimental foi de 30,0°C e a máxima de 36,0°C (Tabela 2). Os maiores valores registrados na última semana do período experimental, ocorreram em função da grande intensidade luminosa verificada nesse período. O menor valor médio de pH registrado foi de 7,0 e o máximo de 8,0 (Tabela 2).

Tabela 2. Temperatura média e pH médio registrados durante o período experimental de *L. valdiviana*.

Tratamentos	Dias					
	1		7		21	
	pH	Temperatura (°C)	pH	Temperatura (°C)	pH	Temperatura (°C)
T1	7,0	32,0	8,0	30,0	8,0	30,0
T2	7,0	30,0	7,0	30,0	7,0	30,0
T3	7,0	30,0	7,0	30,0	7,0	30,0
C	8,0	32,0	8,0	34,0	8,0	36,0

De acordo com Caicedo et al. (2000), valores de pH devem permanecer abaixo de 8 para que não haja uma inibição do crescimento da lemnáceas. Os valores de pH e temperatura estiveram de acordo com o padrão para *L. valdiviana*, pois de acordo com Journey et al. (1993), as lemnas se reproduzem em temperaturas que variam de 6 a 33°C e pH de 5,0 a 9,0, embora as condições ideais sejam pH entre 6,5 e 7,5 e temperatura de 27°C.

mg.L-1 e passando a zero a partir do 22° dia.

5.2 Produção de biomassa

Extrapolando o período de produção para um ano, os tratamentos alcançariam rendimentos médios de aproximadamente T1 –13,6 t/ha/ano; T2 – 14,0 t/ha/ano; T3 – 18,5 t/ha/ano e C – 5,7 t/ha/ano. Conforme Gizen e Khondker (1997), quando submetidas a condições ideais de produção, as lemnas podem ter um rendimento de 10 a 30 t/ha/ano, chegando a assumir uma produtividade anual média de 17,6 t/ha/ano.

As doses de fertilização utilizadas durante o período experimental (21 dias) podem ter sido um fator determinante para produção, visto que, sob condições experimentais, sua produção pode extrapolar o rendimento de cerca de 80 t/ha/ano de matéria seca (JOURNEY et al., 1993).

É importante ressaltar que a taxa de crescimento das lemnas pode ser reduzida por fatores como: escassez ou desequilíbrio de nutrientes, toxinas, extremos valores de pH e temperatura e concorrência com outras plantas e microalgas por luz e nutrientes.

5.3 Amônia (N-NH₄)

No início do experimento a concentração de amônia no sistema apresentou uma certa elevação para o Tratamento T3 que diminuiu ao longo dos dias e no T1 e T2 houve uma sobreposição durante os 21 dias. O T3 no início do experimento talvez, por ser um período de muita adubação nesse sistema, as lemnas absorveram pouco deste nutriente, enquanto o decréscimo pode estar associado à preferência deste nutriente pelas lemnas, mesmo na presença de outras formas de nitrogênio (PORATH e POLLOCK, 1982; KORNER et al., 2001). Considerando que, em altas concentrações, os íons amônio também podem se tornar inibidores do crescimento das lemnáceas (ORON, 1984; CAICEDO et al., 2000; TAVARES, 2004). Com a aplicação do teste estatístico constatou-se não haver diferença significativa ($P>0,05$) entre os quatro tratamentos.

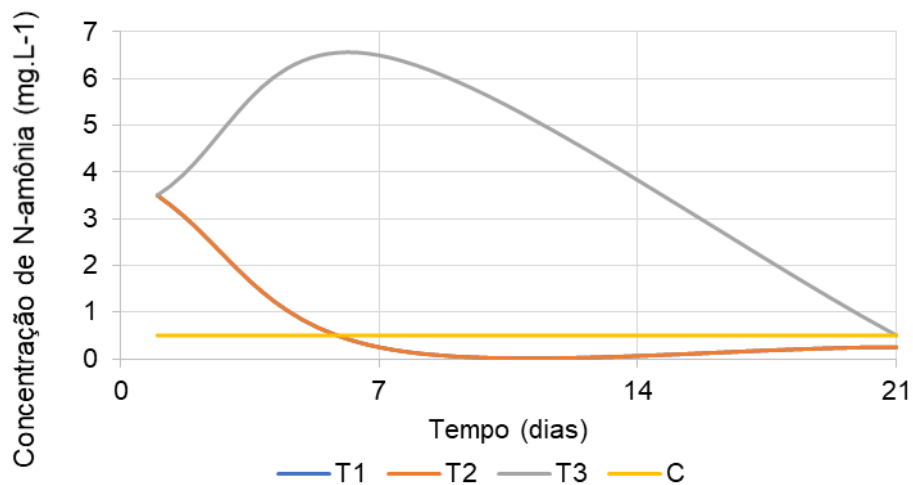


Figura 7. Concentração de N-amônia (mg.L-1) em função do tempo¹.

No final do experimento as menores concentrações de amônia ocorreu no dia 21, variando de 0,25 mg.L-1 a 0,50 mg.L-1 dos tratamentos T1; T2 e Controle, respectivamente. França (2008) estudando efeito de doses de excremento de aves na produção e qualidade nutricional de *L. valdiviana* registrou as menores concentrações aos 21 dias de cultivo independente dos tratamentos, variando de 0,13 mg.L-1 a 0,19 mg.L-1. Já Mohedano (2004) estudando tratamento de efluente através de *L. valdiviana* registrou concentrações de 3,5 mg.L-1 e 6,5 mg.L-1 de amônia respectivamente logo no início do experimento, mas não detectou a presença deste composto a partir da terceira semana de experimento (21 dias). Visto o exposto, consideramos que a dosagem utilizada foi baixa, já que aos 21 dias apesar da maior adubação não houve resíduo de N-amônia.

5.3 Nitrito (N-NO₂)

A tendência geral observada é um aumento de nitrito com o tempo, para todos os tratamentos (exceto o controle), principalmente durante primeiras semanas do

¹ No gráfico as curvas de T1 e T2 se confundem devido aos valores idênticos.

experimento. Também foi constatado que não houve diferença significativa ($P>0,05$) para as medias desta variável entre os tratamentos.

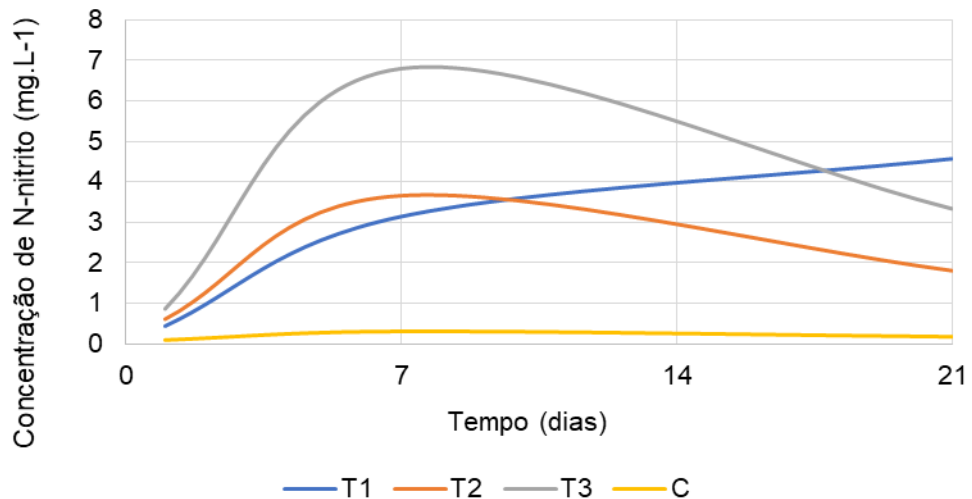


Figura 8. Concentração de N-nitrito (mg.L-1) no decorrer do experimento.

As maiores concentrações de nitrito foram encontradas aos 7 dias, sendo que o tratamento T3 com a dose 0,022 g.m-3 foi o que obteve o maior valor (6,794 mg.L-1), enquanto que aos 21 dias o tratamento T2, apresentou o menor teor (1,805 mg.L-1). Já o tratamento controle não sofreu muitas variações. De acordo com Mohedano (2004) o acúmulo de nitrito ocorre com a redução da amônia. Em seu experimento a concentração do nitrito manteve-se elevada por 4 dias, atingindo um valor próximo a 2,5 mg.L-1 e passando a zero a partir do 22º dia.

5.5 Proteína bruta

De acordo com Gijzen e Khondker (1997), as lemnas podem apresentar concentrações protéicas que variam de 30 a 40% quando cultivadas em meios ricos em nutrientes. Enquanto que para Salas et al. (2004) a composição química desta planta varia em percentagem do peso seco de 6,8-45,0% de proteína. Seguindo a mesma linha de estudo, Journey et. al (1993) afirmam que lemnas cultivadas em locais ricos em nutrientes produzem mais proteína do que quando cultivadas em águas oligotróficas, desta forma é provável que a matéria vegetal coletada no início do

experimento, quando havia mais N-amônia no cultivo, contivesse mais proteína, quando comparada com a coletada ao final.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO

Houve efeito positivo da dose de adubação na produção da biomassa seca de *L. valdiviana*. O tratamento que continha a maior dose (T3 – 0,022 g.m⁻³ de N) obteve produção média de 7,978 g.m⁻² de biomassa seca de *L. valdiviana* durante o período experimental. Enquanto que T1 (0,012 g.m⁻³ de N) produziu a média de 5,882 g.m⁻², T2 (0,016 g.m⁻³ de Nitrogênio) produziu a média de 6,062 g.m⁻² e o tratamento Controle (sem adubação) produziu 2,467 g.m⁻².

O tratamento que proporcionou o melhor resultado de proteína bruta de *L. valdiviana* foi o T3 (0,022 g.m⁻³ de N), com teor de 24,58% de PB na matéria seca. Este resultado foi inferior aos encontrados em avaliações semelhantes por Mohedano (2004) e Tavares (2004), que encontraram 31,78% e 38,86%, respectivamente, e superior ao encontrado por França (2008) de 19,66%. O teor de PB encontrado no presente estudo também é superior ao do milho com 12,5% e do grão de arroz 12,0% (OLIVEIRA et al., 2004; ARAÚJO et al., 2003).

De acordo com Gijzen e Khondker (1997), as lemnas podem apresentar concentrações protéicas que variam de 30 a 40% quando cultivadas em meios ricos em nutrientes. Enquanto que para Salas et al. (2004) a composição química desta planta varia em percentagem do peso seco de 6,8-45,0% de proteína. Seguindo a mesma linha de estudo, Journey et. al (1993) afirmam que lemnas cultivadas em locais ricos em nutrientes produzem mais proteína do que quando cultivadas em águas oligotróficas, desta forma é provável que a matéria vegetal coletada no início do experimento, quando havia mais N-amônia no cultivo, contivesse mais proteína, quando comparada com a coletada ao final.

Os teores de proteína bruta alcançados nesse estudo e o bom desenvolvimento da *L. valdiviana*, mostram a possibilidade de melhoria da

produtividade a partir do ajuste do método e da dosagem de fertilização. Para que esta matéria prima possa ser utilizada como complemento em ração para peixes seria interessante a análise do percentual de fibras, já que o teor de proteína se mostra promissor para novos trabalhos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists) **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 20ed., Washington, 1002p. 2005.
- APHA, 1992. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**, 18th Edition. Am. Publ. Hlth. Assoc., Washington, DC, USA.
- ARAÚJO, E. S. de.; SOUZA, S. R. e FERNANDES, M. S. 2003. Características morfológicas e moleculares e acúmulo de proteína em grãos de variedades de arroz do Maranhão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 38 (11): 1281- 1288.
- BARÉA, Luis César; ALEM SOBRINHO, Pedro. Comportamento de lagoa de polimento na região metropolitana de Curitiba e possibilidade de uso de lentilhas d'água para melhoria da qualidade do efluente. In: **XXX Congresso da Associação Interamericana de Engenharia Sanitária e Ambiental**. Punta del Leste: 2006. p. 01 - 17.
- BFG, 2015. Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. **Rodriguésia** 66: 1085-1113.
- CAICEDO, J. R., C. ESPINOSA, M. ANDRADE AND H. J. GIJZEN."Effect of anaerobic pretreatment on environmental and physiochemical characteristics of duckweed based stabilization ponds." **Water Science and Technology**45(1): 83-89. 2002.
- COELHO, M.A.N.; SAKURAGUI, C.M.; GONÇALVES, E.G.; TEMPONI, L.G. & VALADARES, R.T. 2009. Araceae. In: Stehmann, J.R.; Forzza, R.C.; Salino, A.; Sobral, M.; Costa, D.P. & Kamino, L.H.Y. (eds.). Plantas da Floresta Atlântica. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. Pp. 141-145.
- CROSS, J.W. 2002. **The charms of duckweed**. Disponível em: <<http://www.mobot.org/jwcross/duckweed/duckweed.htm>>. Acesso em: Maio de 2019.
- CULLEY, D. D.; MYERS, R. W. **Effect of harvest rate on duckweeds yield and nutrient extraction dairy waste laggon**. In: D. D. Culley and J. B. Frye (eds.) U. S. Department of Energy Final Repot. School of Forestry and Wildlife Management, Louisiana state University, Baton Rouge, 1980, 6p.
- FERNANDES, João Batista Kochenborger; CARNEIRO, Dalton José; SAKOMURA, Nilva Kazue. Fontes e níveis de proteína bruta em dietas para juvenis de pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, p. 617-626, 2001.
- FRANÇA, Graça Maria de Oliveira. **Efeito de doses de excrementos de aves na produção e qualidade nutricional de *Lemna valdiviana* Phil (Araceae) para piscicultura**. 2008.

GIZEN, H. J e KHONDKER, M. **An overview of the ecology, physiology, cultivation and applications of duckweeds**. Inception Report. Annex 1. Literature Review. Duckweed Research Project (dwrp). Dhaka, Bangladesh, 1997. 53p.

GOMEZ, K. L. G. **Potencial de la Planta Acuática *Lemna sp gibba* en la alimentacion de cerdos**. 2000. 70p. Dissertação (Mestrado em Ciências Pecuárias) – Universidade de Colima, Tecoman, Colima, 2000.

IQBAL, Sascha. **Duckweed Aquaculture: Potentials, Possibilities and Limitations for Combined Wastewater Treatment and Animal Feed Production in Developing Countries**. 06. ed. Duebendorf: Dept. Of Water & Sanitation In Developing Countries, Sandec, 1999. 91 p.

KÖRNER, S., LYATUU, G.B.; VERMAAT, J.E. 1998. **The influence of *Lemna gibba* on the degradation of organic material in duckweed-covered domestic wastewater**. Water Research: 32 (10) 3092-3098.

LANDOLT, E.; KANDELER. The family of Lemnaceae – a monographic study: Phytochemistry, physiology, application and bibliography. In Biosystematic Investigations in the Family of Duckweeds (Lemnaceae). Veröffentlichungen des geobotanischen Institutes der ETH. Zürich. **Stiftung Ruebel**, Vol 4, n.95: 638pp.1987.

LANDOLT, E. 1986. **Biosystematic investigations in the family of duckweeds (Lemnaceae) - the family of Lemnaceae** - a monographic study. Vol. 1. Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes 71: 1-566.

LANDOLT, E. 1996. **Lemnaceae**. Hunziker, A.T. (ed.). Flora Fanerogámica Argentina. Proflora 21: 1-8.

LIU G; WRIGHT, M. M.; ZHAO, Q.; BROWN, R., C. 2015. **Catalytic fast pyrolysis of duckweed: Effects of pyrolysis parameters and optimization of aromatic production**. Elsevier. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, v. 112, p.29-36, 2015.

LY, J. **Uso de macrófitas acuáticas flotantes em la alimentación porcina**. Instituto de Investigaciones Porcinas. Punta Brava, La Habana, Cuba. 2004.

MBAGWU, I. G.; ADENIJI, H. A. The nutritional content of duckweed (*Lemna paucicostata* Hegelm.) in the Kainji Lake area, Nigeria. **Aquatic Botany**, v. 29, n. 4, p. 357-366, 1988.

MOHEDANO, Rodrigo de Almeida. **Tratamento de efluente e produção de alimento, em cultivos de tilápias (*Oreochromis niloticus*), através da macrófita aquática *Lemna valdiviana* (Lemnaceae)** – Uma contribuição para a sustentabilidade da aquicultura. 44p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Florianópolis, 2004.

MOHEDANO, Rodrigo de Almeida. **Uso de macrófitas lemnáceas (*Landoltia punctata*) no polimento e valorização do efluente de suinocultura e na fixação de carbono**. 2010. 270 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

OLIVEIRA, J. P. de; CHAVES, J. L.; DUARTE, J. B.; BRASIL, E. M.; FERREIRAJÚNIOR, L. T.; RIBEIRO, K. de O. 2004. Teor de proteína no grão em populações de milho de alta qualidade protéica e seus cruzamentos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, 34(1), 45-51.

PEREIRA, Stephanie Fátima; POTT, Vali Joana; TEMPONI, Livia Godinho. Lemnoideae (Araceae) no estado do Paraná, Brasil. **Rodriguésia**, v. 67, n. 3, 2016.

PORATH, D. & POLLOCK, J., 1982. Ammonia stripping by duckweed and its feasibility circulating aquaculture. **Aquat. Bot.**, 13: 125-131.

POTT, Vali Joana; CERVI, Armando Carlos. A família Lemnaceae Gray no Pantanal (Mato Grosso e Mato Grosso do Sul), Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v. 22, n. 02, ago. 1999.

SHAMMOUT, M. W.; ZAKARIA, H. Water lentils (duckweed) in Jordan irrigation ponds as a natural water bioremediation agent and protein source for broilers. **Ecological Engineering**, Amman, v. 83, n. 1, p.71-77, 24 jun. 2015.

SHIMODA M. 1984. Macrophytic communities and their significance as indicator of water quality in two ponds in the Saijo Basin, Hiroshima Prefecture, Japan, *Hikobia* 9: 1-1. Disponível em: <www.epa.gov> Acesso: 30 de agosto de 2019.

SKILICORN, P. W.; SPIRA, W.; JOURNEY, W., 1993. **Duckweed aquaculture, a new aquatic farming system for developing countries**. The World Bank, Washington, D.C.

SMITH, M.D.; MOELYOWATI, I. Duckweed based wastewater treatment (DWWT): design guidelines for hot climates. **Water Science and Technology**, 43 (11): 291-299.2001.

SOUZA, V.C. e LORENZI, H. 2005. **Botânica Sistemática**: Guia ilustrado para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APGII. Nova Odessa, São Paulo: Instituto Plantarum, 291 pp.

TAVARES, Flávia de Almeida. **EFICIÊNCIA DA *Lemna* sp. NO TRATAMENTO DE EFLUENTES DE SUINOCULTURA E SUA UTILIZAÇÃO COMO FONTE ALTERNATIVA DE ALIMENTO PARA TILÁPIAS**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Florianópolis, 2004.