

Capítulo XII

OSTREICULTURA ORGÂNICA E SUSTENTÁVEL: PRODUÇÃO DE ALIMENTO NATURAL COM CULTIVO ALTERNATIVO





OSTREICULTURA ORGÂNICA E SUSTENTÁVEL: PRODUÇÃO DE ALIMENTO NATURAL COM CULTIVO ALTERNATIVO

Tallyson Tavares Cunha de Souza¹; Abelardo Zenaide N. Montenegro Júnior²; Maria Cristina Crispim³

¹Engenheiro Ambiental pela Universidade Federal da Paraíba. E-mail: tallysontavares@gmail.com

²Licenciatura Plena em Ciências Biológicas pela UFPB. E-mail: abelardojunior@yahoo.com.br

³Professora titular da Universidade Federal da Paraíba. E-mail: ccrispim@hotmail.com (autora correspondente)

RESUMO

A ostreicultura é uma prática dentro da aquicultura que trata da criação de ostras para a comercialização, sendo essa uma atividade em ascensão no Brasil. Entretanto, as pressões antrópicas, atreladas à poluição nos ecossistemas naturais, faz com que a qualidade e disponibilidade desse alimento seja baixa, em virtude da perda de qualidade ambiental dos estuários em que essas espécies são produzidas. Dessa maneira, o presente trabalho objetiva o desenvolvimento de métodos para a produção de ostras livres de contaminantes, de forma a caracterizar-se como produção sustentável e se possível orgânica, através de pesquisa para a produção de fontes de alimento natural (zooplâncton e fitoplâncton). Como a produção convencional de plâncton é onerosa, visto que todos os nutrientes são obtidos de produtos químicos, este estudo objetiva pesquisar também outras fontes de nutrientes para serem usadas como meio de cultura microalgal. Propostas de uso de compostagem como meio de cultura algal já foram apresentadas pelo Laboratório de Ecologia Aquática da Universidade Federal da Paraíba. Esta pesquisa visa dar continuidade a essas propostas, testando o uso de biofertilizante de efluente de biodigestor. Para isso, três tipos de efluentes foram testados, em dois experimentos: um em que a biomassa do biodigestor eram excretas de suíno e outro em que foram realizados dois tratamentos, um com biofertilizante oriundo de excretas de cães, e outro com biomassa da macrófita *Eichornia crassipes*. O estudo dos diferentes biofertilizantes para a produção de algas marinhas apontou a melhor eficiência do biofertilizante de fezes de cachorro na concentração de 0,66% de biofertilizante, em que a densidade de *Dunaliella* atingiu cerca de $4,0 \text{ cél.mL}^{-1} \times 10^6$. O que demonstrou menos eficácia foi o de efluente de biodigestor com biomassa de macrófita, que atingiu cerca de $2,0 \text{ cél.mL}^{-1} \times 10^5$.

Palavras-chave: Produção de microalgas, sustentabilidade, malacultura, aquicultura.

ABSTRACT

Oyster culture is a practice within aquaculture that deals with the cultivation of oysters for commercialization, which is an activity on the rise in Brazil. However, the anthropic

pressures, linked to pollution in natural ecosystems, make the quality and availability of this food poor due to the loss of quality in the estuaries where these species are produced. Thus, this work aims to develop methods for the production of oysters free of contaminants, in order to be characterized as sustainable production and if possible organic, through research for the production of natural food sources (zooplankton and phytoplankton). As conventional plankton production is expensive, since all nutrients are obtained from chemicals, this study aims also to investigate other sources of nutrients to be used as a microalgal culture medium. Proposals for the use of compost as an algal culture medium have already been presented by the Laboratory of Aquatic Ecology at the Federal University of Paraíba, this research aims to continue these proposals, testing the use of biofertilizer of a biodigester. For this, 3 types of effluents were tested in two experiments, one in which the biomass of the biodigester was pigs excretions and the other in which two treatments were carried out, one with biofertilizer of a biodigester from dog excreta, and the other with biomass from the macrophyte *Eichornia crassipes*. The study of the different biofertilizers for the production of seaweed showed the best efficiency of the biofertilizer from dog feces in the concentration of 0.66% of biofertilizer, in which the density of *Dunaliella sp.* reached about $4.0 \text{ cell.mL}^{-1} \times 10^6$. The one that demonstrated the least effectiveness was the biodigester effluent from macrophyte biomass, that achieved near $2.0 \text{ cél.mL}^{-1} \times 10^5$.

Key-words: Microalgae production, sustainability, malaculture, aquaculture.

INTRODUÇÃO

A população do planeta vem aumentando aceleradamente, haja vista que ultrapassou-se a marca dos sete bilhões de pessoas, num crescimento de dois bilhões de pessoas em apenas 25 anos (BOLT et al., 2018). Um maior contingente populacional e a concentração em áreas urbanas resultam em ampliação na utilização dos serviços ecossistêmicos, cuja depleção ocorre tanto pela utilização para produção e consumo, como

pelos danos decorrentes do retorno dos resíduos à natureza, após utilização pelo ser humano, o que leva a um inevitável esgotamento dos recursos, poluição ambiental e impactos em cadeia para todos os ecossistemas (OLIVEIRA, 2008; GODECKE, 2012).

Com relação aos recursos marinhos, pode-se enfatizar que servem principalmente para a comercialização e subsistência. As regiões litorâneas dos estados brasileiros abrigam grande parte das comunidades de pescadores artesanais que dependem principalmente destes recursos. Entretanto, a larga utilização dos recursos marinhos pela pesca industrial e o crescente impacto ambiental nos estuários vem levando ao esgotamento dos estoques pesqueiros e consequentemente ao empobrecimento destas comunidades (OLIVEIRA, 2008). VIANA (2013) mostrou em seu estudo que a partir de 1985, apesar do aumento do esforço de pesca não se refletiu em aumento de produção pesqueira por extrativismos e cita 50 espécies da exploração pesqueira entre peixes marinhos e continentais e invertebrados marinhos, que se encontram na lista de espécies sobre-explotadas ou em risco de sobre-exploração.

Em contrapartida, grande parte das indústrias alimentícias utiliza insumos para a produção, o que prejudica a saúde dos consumidores, tais como: agrotóxicos, fertilizantes, corantes e outros. Tais produtos garantem o prolongamento da vida de prateleira, combatem as pragas e tornam os alimentos esteticamente mais atrativos, porém, se consumidos a longo prazo tornam-se um risco à saúde, já que muitos são responsáveis pelo surgimento de várias doenças (OMS, 2020). Por outro lado, cultivos diretamente no ambiente, podem ser prejudicados em relação à qualidade e segurança sanitária, visto que muitos ambientes estão também contaminados, principalmente os estuários que acumulam a poluição trazida pelos rios.

A aquicultura é uma prática que vem sendo adotada há muitos anos e trata da produção de organismos aquáticos em cativeiro, sendo essa uma importante atividade do setor primário da economia, e surge para desafogar a pressão existente sobre os estoques naturais, devido à

captura desordenada do recurso (REBOUÇAS & GOMES, 2016). Registros apontam que esta prática surgiu em aproximadamente 2.500 a.C, quando inicialmente os chineses praticavam o cultivo de carpas além de outros organismos aquáticos, incluindo moluscos, crustáceos e plantas, sendo os cultivos por diversos sistemas e modelos de produção (TAVARES-DIAS, 2009).

O custo da produção na piscicultura é principalmente determinado pela dieta utilizada no cultivo dos organismos, que chegam a comprometer entre 25% a 36% do custo total da produção (SCORVO-FILHO et al., 1998). Dessa forma, um dos fatores mais importantes para o sucesso econômico e ambiental na piscicultura, por exemplo, é a utilização de alimento natural, como o fitoplâncton e o zooplâncton, principalmente nos estágios iniciais de desenvolvimento (SIPAÚBA-TAVARES & ROCHA, 2003). Outro fator de relevante importância nesse processo está diretamente relacionado com a qualidade e quantidade de alimento fornecido, se é suficiente para as necessidades específicas de cada espécie (OLIVEIRA, 2008).

As ostras são animais filtradores, que se alimentam de plâncton e material particulado (LEFEBVRE et al., 2000), por isso têm sido estudadas como parte integrante da aquicultura integrada, melhorando a qualidade de água (biorremediadores) e ainda atuando como um complemento econômico (LEFEBVRE et al., 2000). Em experimento utilizando ostras como biofiltro em efluentes de camarão, Jones (2008) percebeu a redução nas concentrações de bactérias, fitoplâncton, nitrogênio e fósforo total. Por serem filtradores, estes organismos moluscos bivalves acumulam microorganismos patogênicos (GARCIA, 2005), poluentes (metais pesados) e toxinas nos seus organismos, abundantes nos ambientes de mangue.

A ostreicultura é realizada em estuários, e as ostras se alimentam de alimento natural, sem haver necessidade de adicionamento de ração, no entanto, há o risco de se contaminarem, devido à poluição existente no próprio ambiente, como coliformes (MARINHO, 2019) ou outros compostos que nem sempre são analisados como agrotóxicos, fármacos,

biotoxinas, entre outros. Assim, é importante que se pesquisem formas adequadas de produção destes organismos fora do ambiente, livre de contaminantes e toxinas. Para realizar a produção de ostras fora do ambiente, faz-se necessário que haja a produção de plâncton em larga escala.

A produção comercial de plâncton no Brasil tem sido realizada por empresas localizadas no litoral de Santa Catarina e de praticamente todos os estados da Região Nordeste, empregam a biomassa principalmente na alimentação de organismos, tais como camarões e moluscos marinhos. Não há informações da produção em grande escala para a obtenção de biomassa ou para a extração de compostos bioativos visando outras aplicações. Existem apenas iniciativas de caráter experimental em diversos centros de pesquisa, geralmente em trabalhos isolados (DERNER et al., 2006). Assim, é importante que sejam desenvolvidas pesquisas na produção em larga escala e a baixo custo, seja para alimento em aquicultura, como fonte de subprodutos ou para a produção de biodiesel, entre outros.

Projetos de pesquisa anteriores desenvolveram formas de produção de microalgas de forma inédita, a partir do composto orgânico, cujo extrato foi utilizado como meio de cultura algal (OLIVEIRA & CRISPIM, 2013), com sucesso. Isso barateou grandemente a produção, tornando-a acessível a pequenos produtores. Dessa forma, ir-se-á dar sequência a essa pesquisa, testando outros meios de cultura de baixo custo para a produção microalgal. Com a produção de microalgas poder-se-á na sequência alimentar o zooplâncton e ambos serão o alimento vivo para as ostras.

As microalgas são organismos constituintes do fitoplâncton, sendo elas um dos organismos mais antigos existentes que se apresentam em formas unicelulares ou em cadeia. A composição diferencial das microalgas em ácidos graxos de cadeias longas, principalmente insaturadas como Omega-3 e Omega-6, além da alta concentração de proteínas e carboidratos torna-as fontes ideais para o preparo de alimentos funcionais, aditivos de alimentos ou até mesmo nutracêuticos (RODRIGUES & BELLI, 2004). Isso justifica o fato de que o mercado de microalgas está

centralizado nas indústrias de alimentos, farmacêutica, de cosméticos e principalmente na aquicultura.

Algas do gênero *Dunaliella*, especialmente *Dunaliella salina* e *Dunaliella tertiolecta*, são amplamente utilizadas como fonte de alimento na aquicultura e como fonte de beta-caroteno e glicerol. Elas não possuem uma parede celular rígida e se proliferam em salinidades extremamente variadas 0,5-5,0 M NaCl, o que facilita o seu cultivo (FRÉ, 2016).

O presente trabalho, portanto, visa analisar o desenvolvimento de espécies de microalgas cultivadas com biofertilizante, efluente de biodigestor, que utilizou três diferentes tipos de biomassa, em dois experimentos diferentes: um com macrófitas e excretas de cachorros como biomassa e outro com fezes de porco, em diferentes concentrações, para determinar o meio de cultura mais adequado, como primeira etapa da pesquisa para a ostreicultura cultivada fora do ambiente estuarino, devido à necessidade de produção de alimento natural em larga escala.

MATERIAL E MÉTODOS

Ambos os experimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Ecologia Aquática (LABEA), no Departamento de Sistemática e Ecologia (DSE), da Universidade Federal de Paraíba (UFPB).

Foi utilizado o método estacionário de cultivo, havendo agitação manual apenas uma vez por dia, temperatura média de 26°C (+2°C) e iluminação permanente através de lâmpada eletrônica de 15 watts, correspondente a uma intensidade luminosa de aproximadamente 3,77 klx, durante treze dias (FRÉ, 2016).

Experimento 1 – Efluente de biodigestor com biomassa de fezes de suínos

Foram preparados meios de cultivo em recipientes de 150 mL, com concentrações de 25,00%, 12,50%, 6,25%, 3,15% e 1,60% de efluente de biodigestor, orindo de biomassa de excretas suínas, filtrado e autoclavado, completados até 100 mL com água destilada. Foram preparadas

cinco réplicas para cada concentração em que foram adicionados 1 mL de concentrado multiespecífico de microalgas. Foram feitas três amostragens no terceiro dia, no sexto dia e no nono dia. Em cada amostragem foi retirado 1 mL de amostra de cada réplica, fixada com formol a 4% (RODRIGUES et al., 2007) e armazenada em eppendorf, para análise das concentrações microalgais.

A contagem do número de células foi feita através da câmara de contagem Fuchs-Rosenthal. As algas encontradas no concentrado multiespecífico, obtidas de um tanque presente no Departamento de Sistemática e Ecologia foram *Chlorella sp.*, *Chroococcus sp.*, *Merismopedia sp.* e uma espécie de microalga flagelada não identificada. Suas concentrações iniciais foram $0,34 \times 10^6$ cel.mL⁻¹, $0,15 \times 10^6$ cel.mL⁻¹, $0,023 \times 10^6$ cel.mL⁻¹ e $0,0064 \times 10^6$ cel.mL⁻¹, respectivamente.

Experimento 2 - Efluente de biodigestor com biomassa de fezes de cachorros e *Eichhornia crassipes*

Para a realização desta pesquisa, foi testado um tipo de meio de cultura constituído de água marinha com diferentes concentrações de biofertilizante originado de biomassa de cães, oriundo de biodigestor caseiro, utilizando a microalga *Dunaliella sp.* O uso deste tipo de biomassa é inédito, sendo uma inovação na pesquisa. Variou-se a concentração do biofertilizante a fim de se selecionar a concentração mais adequada ao crescimento algal.

O biodigestor caseiro, presente na casa da autora, foi composto por duas bombonas de plástico de 200 e 100 L, a primeira recebia a biomassa e da segunda era coletado o biofertilizante (Fig. 1 A e B).

A água marinha utilizada nas culturas foi



Figura 1. A - Biodigestor caseiro, que trabalha com fezes de cães. B – Biofertilizante gerado pelo processo digestivo que foi usado como meio de cultura no experimento 2.

filtrada em filtros GF/C, através da utilização de uma bomba de vácuo, para retirada de microalgas ou outros organismos e evitar contaminações na cultura algal.

As células de *Dunaliella sp.*, obtidas de culturas presentes no NEPREMAR (UFPB) foram inoculadas em frascos Erlenmeyer de 500 mL, contendo 150 mL de água salgada. Foi utilizado o método estacionário de cultivo, havendo agitação manual apenas uma vez por dia, temperatura média de 28°C e iluminação permanente através de lâmpada eletrônica de 15 Watts, correspondente a uma intensidade luminosa de aproximadamente 3,77 klx, durante treze dias (FRÉ, 2016).

Os ensaios foram realizados em triplicata e as concentrações do biofertilizante utilizado foram respectivamente, 2,66% (C4), 1,33% (C2), 0,66% (C1) e 0% (C0) no controle, nos 150 mL de água salina. Essas concentrações foram selecionadas, visto que no experimento 1 verificou-se que nas concentrações de efluente de biodigestor menos elevadas foi onde se verificou um melhor crescimento algal. Acrescentou-se 5 mL da microalga *Dunaliella sp.* em cada amostra, contendo uma densidade de 5.142,5 cel.mL⁻¹, após

a diluição nas amostras a densidade inicial ficou em 171,4 cel.mL⁻¹ (0,017 x 10⁴). A amostra controle foi mantida apenas com água salina.

RESULTADOS

Experimento 1 – Efluente de biodigestor com biomassa de fezes de suínos

Na concentração 25,00% verificou-se uma diminuição no número de células de *Chlorella sp.*, de 80% e *Chroococcus sp.* de 60%, e um aumento de 260% no número de células de *Merismopedia sp.* e de 290% na alga flagelada, no terceiro dia. A partir do sexto dia houve crescimento contínuo de *Chlorella sp.*, embora não alcançasse a densidade inicial e decréscimo de *Merismopedia sp.* a densidades inferiores à densidade inicial, mantendo-se os números de *Chroococcus sp.* e de alga flagelada até o nono dia (Fig. 2).

Na concentração de 12,50% verificou-se um decréscimo de 19% no número de células de *Chlorella sp.* no terceiro dia e crescimento contínuo a partir do terceiro dia até o nono, alcançando um aumento de densidades de 335%. O crescimento de

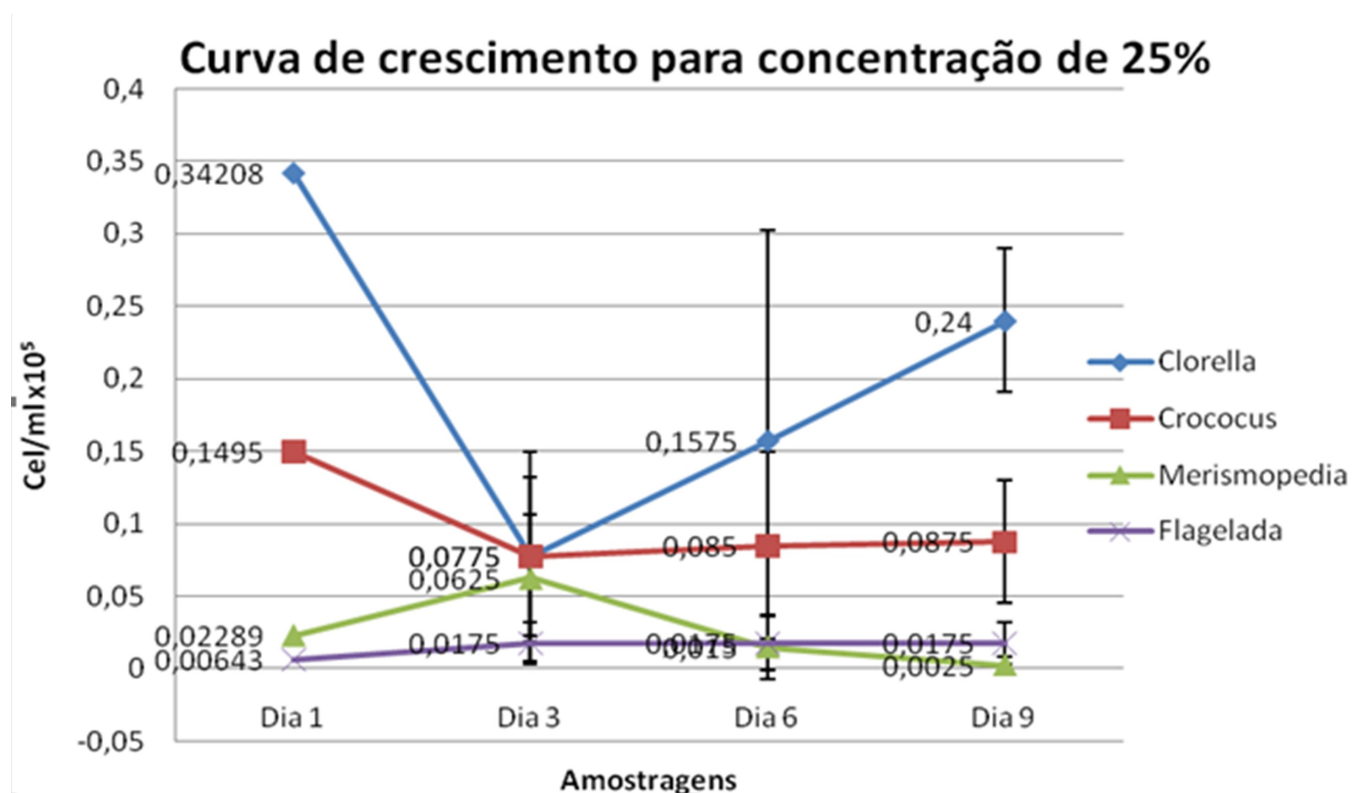


Figura 2. Crescimento algal no tratamento com 25% de concentração de efluente de biodigestor, com biomassa de excretas suínas ao longo do período de estudo.

Chroococcus sp. foi constante durante todas as análises e *Merismopedia sp.* e a alga flagelada apresentaram decréscimo constante durante as análises, alcançando densidades perto de 0,0 (Fig. 3).

Na concentração de 6,25% verificou-se que houve crescimento contínuo de *Chlorella sp.*, que alcançou densidades 1.449% em relação às concentrações iniciais e *Chroococcus sp.* densidades finais de 1.179%, permanecendo o número de *Merismopedia sp.* e de alga flegelada constante durante os nove dias de cultivo, sem demonstrar crescimento (Fig. 4).

Na concentração de 3,15% verificou-se que o crescimento de *Chlorella sp.* foi constante durante as amostragens, sendo superior ao da concentração de biofertilizante anterior, alcançando um crescimento de 1.692%, o crescimento de *Chroococcus sp.* ocorreu com maior intensidade (1.312%) até o sexto dia, variando pouco do sexto para o nono dia. A concentração de *Merismopedia sp.* atingiu o pico no sexto dia, contudo não se manteve, decaindo no nono dia, a alga flagelada não apresentou variação nas suas concentrações (Fig. 5)

Na concentração de 1,60% verificou-se que o número de células de *Chlorella sp.* aumentou também de forma constante durante os nove dias do tratamento, crescendo 1.837% em relação às concentrações iniciais, maior crescimento registrado até aqui. As concentrações de *Chroococcus sp.* apresentaram maior aumento até o sexto dia, de 859%, crescendo pouco entre o sexto e o nono dia. *Merismopedia sp.* apresentou crescimento, apresentando sua maior concentração no nono dia, a alga flagelada manteve sua concentração constante, sem crescimento, durante os nove dias de cultivo (Fig. 6).

Na comparação do crescimento total entre todos os tratamentos verificou-se maior crescimento nas concentrações de 6,25%, 3,15%, e 1,60%, sendo o maior crescimento total na concentração de 3,15%, logo seguida pela de 1,60% (Fig. 7).

O tratamento mais efetivo para o cultivo de *Chlorella sp.* foi o de 1,60% em que atingiu a concentração máxima de $6,30 \text{ cél.mL}^{-1} \times 10^5$ no nono dia, para *Chroococcus sp.* o tratamento de 3,15% foi o mais eficiente em que atingiu a concentração máxima de $2 \text{ cél.mL}^{-1} \times 10^5$.

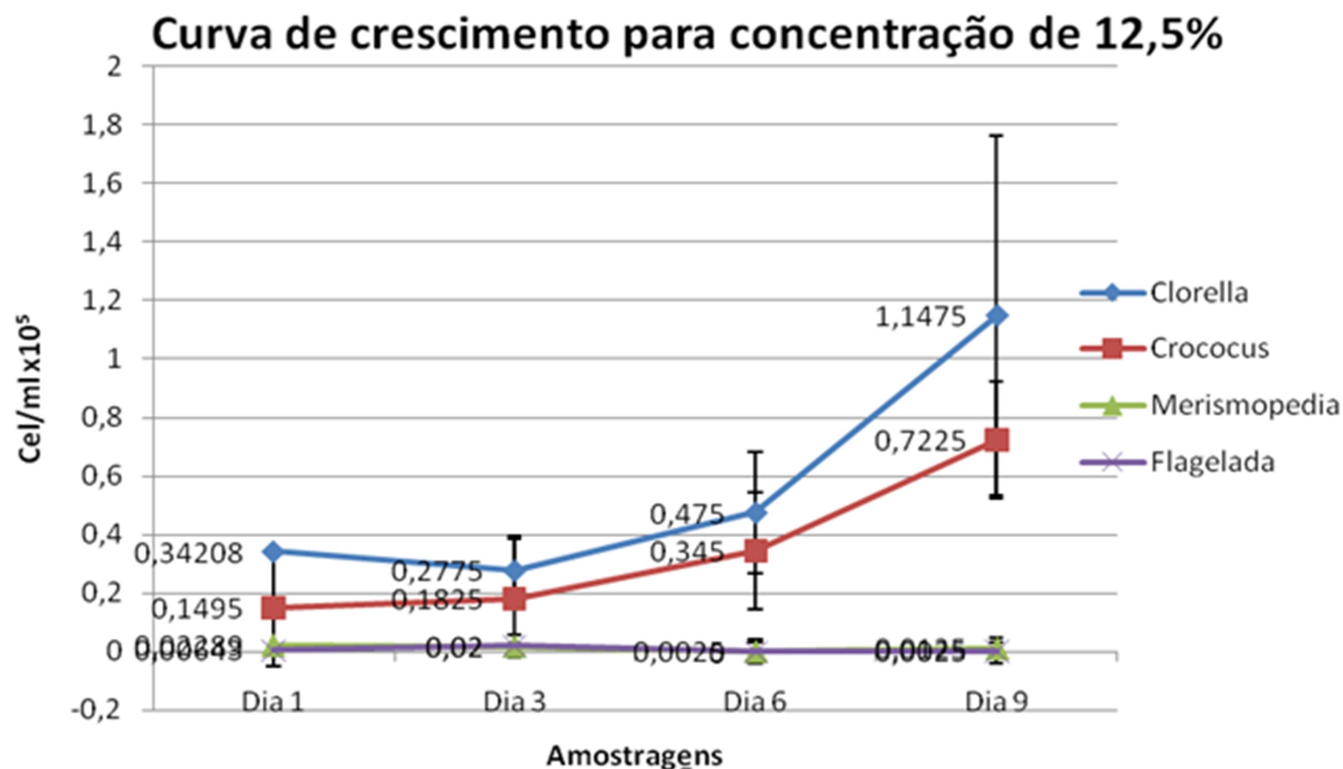


Figura 3. Crescimento algal no tratamento 12,5% de concentração de efluente de biodigestor, com biomassa de excretas suínas ao longo do período experimental.

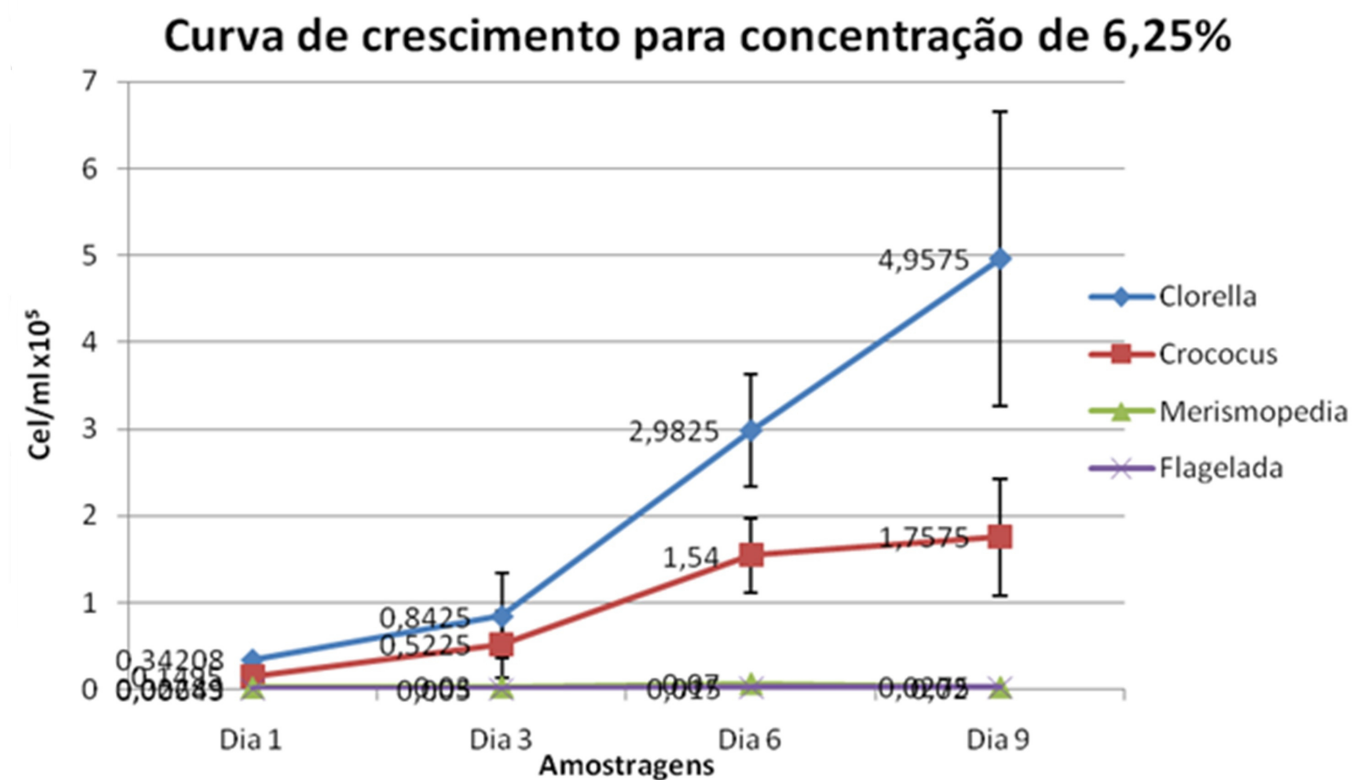


Figura 4. Crescimento algal no tratamento com 6,25% de concentração de efluente de biodigestor, com biomassa de excretas de suínos, ao longo do período experimental.

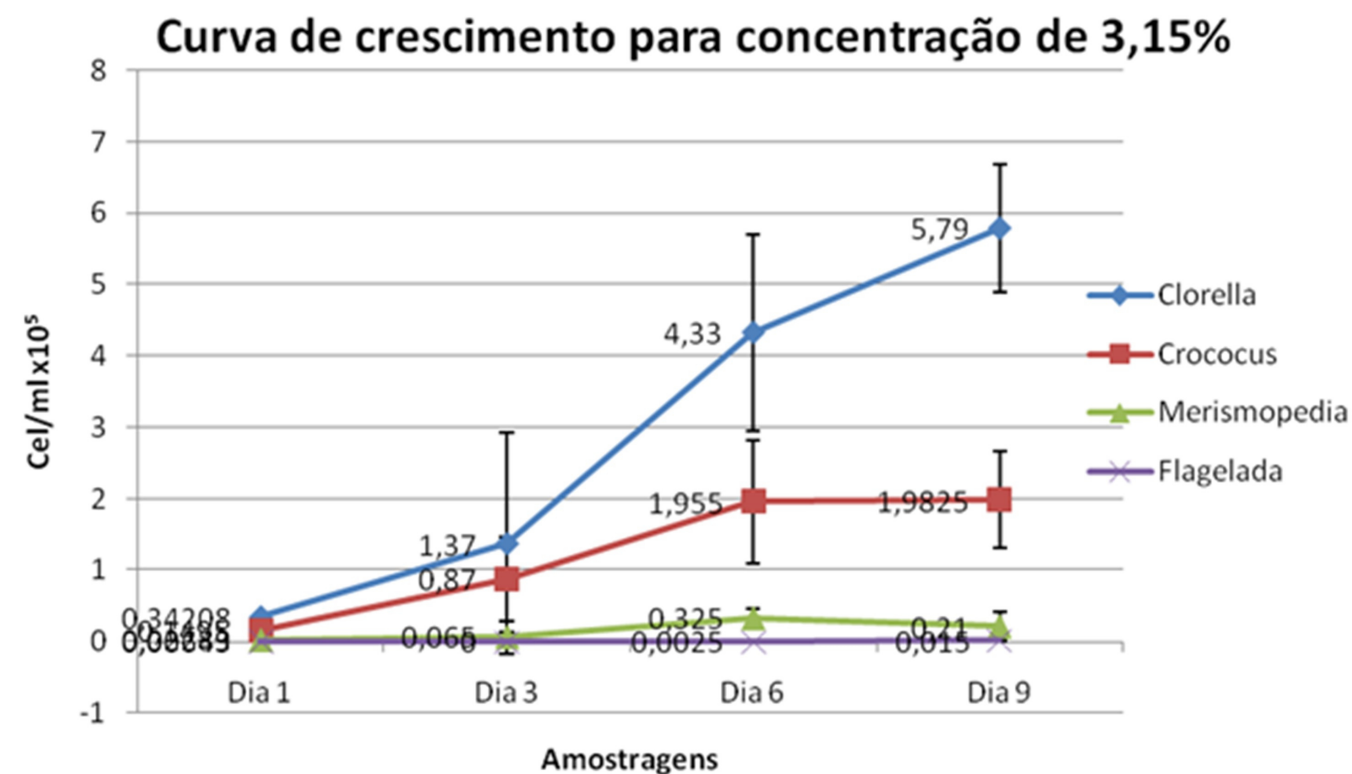


Figura 5. Crescimento algal no tratamento 3,15% de concentração de efluente de biodigestor, com biomassa de excretas suínas, ao longo do período experimental.

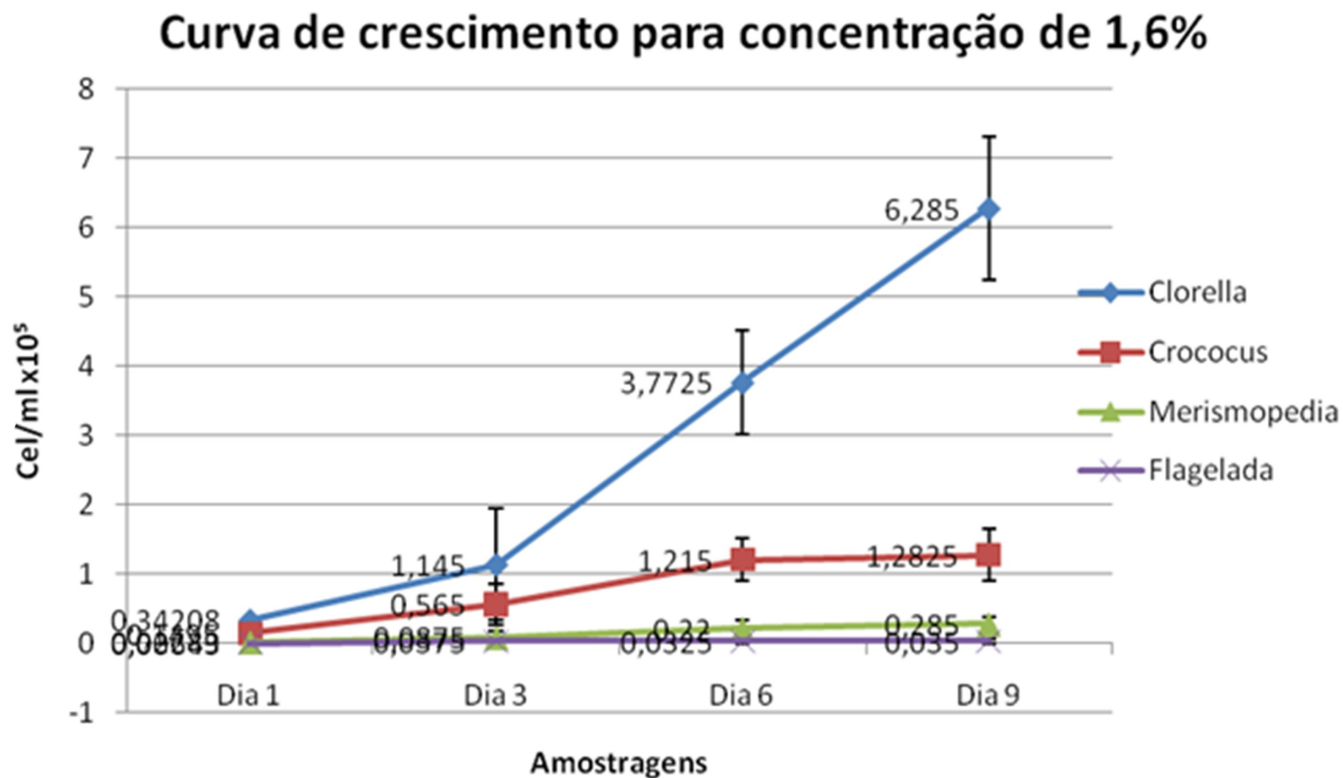


Figura 6. Crescimento algal no tratamento com 1,6% de concentração de efluente de biodigestor, com biomassa de excretas de suíno, ao longo do período experimental.

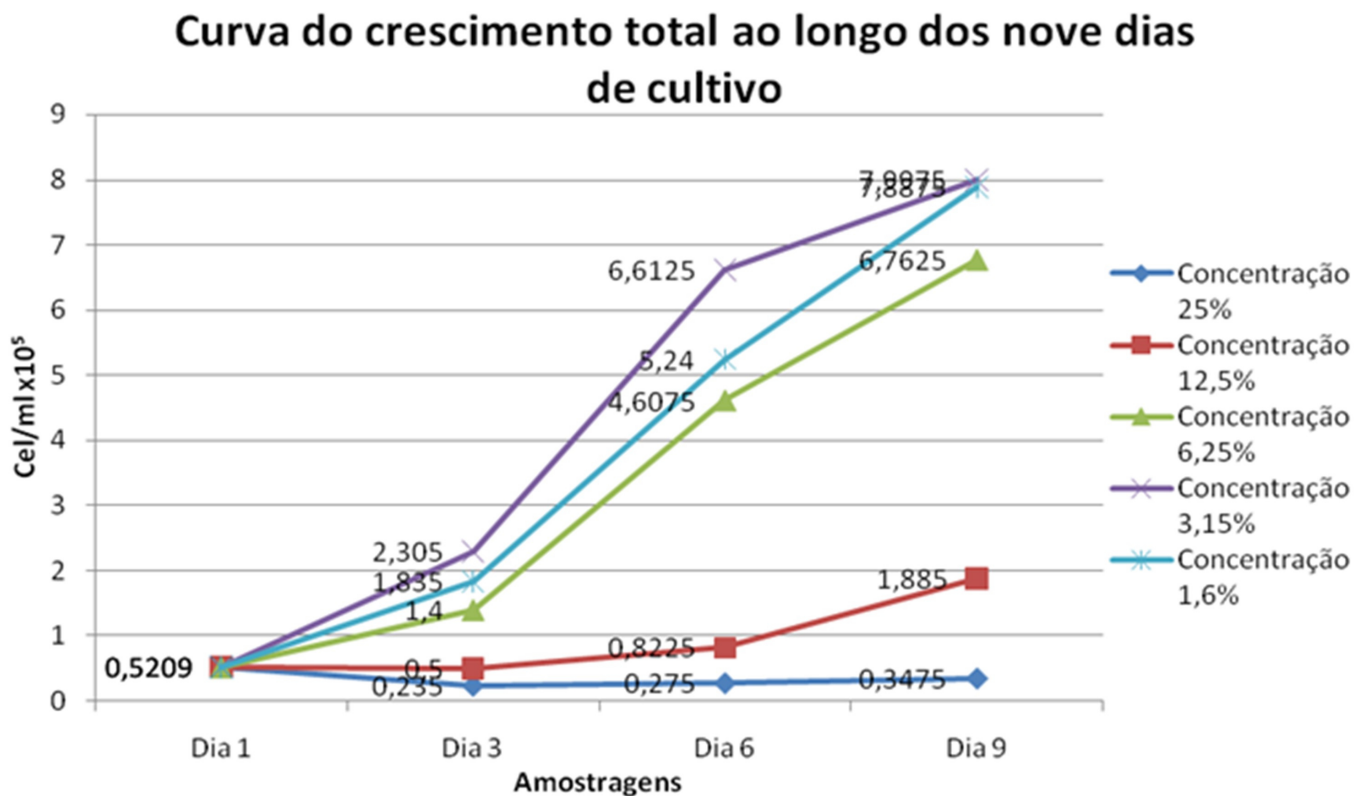


Figura 7. Crescimento algal total comparando todos os tratamentos, ao longo do período experimental.

Merismopedia sp. atingiu sua maior concentração de $0,32 \text{ cél.mL}^{-1} \times 10^5$ no tratamento de 3,15% no sexto dia do experimento, para a flagelada o tratamento de 1,60% apresentou a concentração máxima de $0,035 \text{ cél.mL}^{-1} \times 10^5$.

O tratamento que rendeu a maior concentração final total de microalgas foi o tratamento de 3,15% com concentração final de $8 \text{ cél.mL}^{-1} \times 10^5$, obtendo uma concentração final mais elevada que o tratamento de 1,60% devido ao grande crescimento de *Chroococcus sp.*

Experimento 2 - Efluente de biodigestor com biomassa de fezes de cachorros e *Eichornia crassipes*

O valor de pH nos experimentos ao longo do tempo variou de 7,94 a 8,43, no experimento com o efluente originado da biodigestão da macrófita e de 8,06 a 8,30 no experimento com o efluente originado das excretas de cães. A salinidade variou de 35 a 37 psu. O aumento da salinidade no final do experimento foi devido à evaporação que ocorreu na água dos potes experimentais ao final de 13 dias.

Com relação à densidade das microalgas verificou-se um crescimento menor na presença de biofertilizante de macrófitas e neste, a concentração mais elevada foi semelhante ao controle, com

crescimento até o dia 3 e estabilização daí em diante. Não se detectou o início do período de senescência neste tratamento em nenhuma das concentrações (Fig. 8 A).

No tratamento a partir do biofertilizante com excretas de cães, como fonte nutritiva, observou-se que o 9º dia de testes foi onde as amostras apresentaram “pontos de virada”, e o crescimento em quase todas passou a decair, entrando as algas em senescência (Fig. 8B).

Os tratamentos C1 e C2 (concentrações de 0,67% e 1,33% respectivamente) obtiveram as densidades mais elevadas no 9º dia e aumentaram bastante as suas densidades de $0,017 \text{ cél.mL}^{-1} \times 10^4$ (concentração inicial) para cerca de $4,0 \text{ cél.mL}^{-1} \times 10^6$. As maiores concentrações algais com o biofertilizante de macrófita não alcançou $2,0 \text{ cél.mL}^{-1} \times 10^4$.

DISCUSSÃO

Nas culturas experimentais, foi utilizado o período de análise de 9 dias no experimento 1 e de 13 dias no experimento 2, por verificar-se que no experimento 1 não se alcançou o início do período de senescência. Esse período foi baseado em pesquisas anteriores em que as microalgas alcançavam seus picos máximos de densidade antes de 10 dias de cultivo (ex. SOARES, 2021;

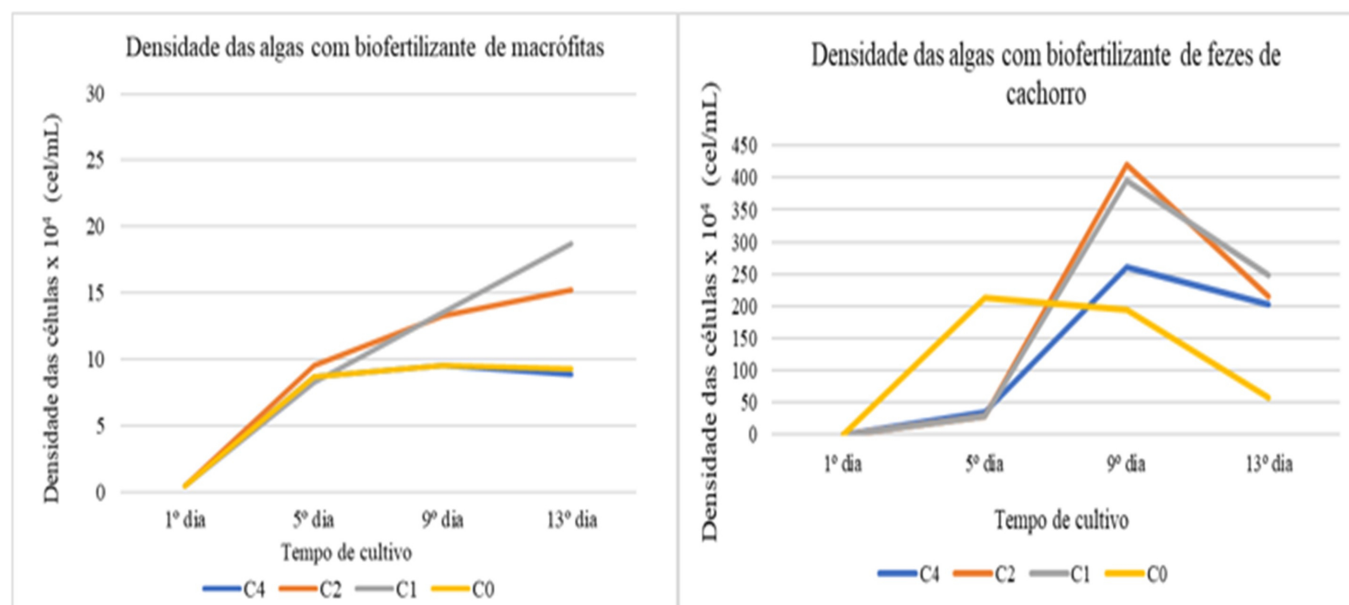


Figura 8. Comparação da densidade média de *Dunaliella sp.* ao longo do período de análises para as diferentes concentrações dos biofertilizantes. A – Biomassa de macrófita (*Eichornia crassipes*), B – Biomassa de excretas de cães. (C4 = 2,66%; C2 = 1,33%; C1=0,67%; C0 = 0%).

OLIVEIRA & CRISPIM, 2013)

Nas culturas algais é natural a observação de um pico de crescimento seguida por uma tendência à estabilidade. Tal fato tem relação com os fatores biológicos, químicos e físicos na amostra (FALKOWSKI & RAVEN, 1997), após um crescimento exponencial, a tendência é iniciar-se a senescência. Há dependência das próprias taxas metabólicas da espécie cultivada, assim como da interferência do meio de cultura em relação aos nutrientes presentes, bem como com a possível presença das algas e toxicidade. Entre os fatores físicos e químicos que influenciam o crescimento das microalgas estão a luz, temperatura, salinidade e disponibilidade de nutrientes (GILLETTE et al., 2004).

O uso de biodigestor de fezes de cães foi original, mas como a autora desta pesquisa tem um em sua residência, pela necessidade de aproveitamento dos últimos resíduos que não eram reciclados, as fezes dos cães, e como já usa o biofertilizante para a horta e fruteiras, optou por testar também este tipo de fertilizante na produção de microalgas, e comparar com os resultados de outra pesquisa utilizando excretas suínas. Como o uso de plantas aquáticas não é realizado, o que justifica os grandes blooms de macrófitas como a *Eichornia crassipes* (baronesa/agua pé) ou a *Pistia stratiotes* (alface de água), visou-se testar a primeira espécie para verificar a sua eficiência na geração de biogás e biofertilizante (MELLO, 2018). Como o resultado da pesquisa foi positivo, tendo sido possível gerar gás e biofertilizante a partir de 100% de biomassa de macrófitas, apesar de na literatura só existirem experimentos utilizando a *E. crassipes* em percentuais de excretas animais, pretende-se mostrar o potencial destas plantas para fins de produção de microalgas.

Segundo RENAUD et al. (2002), o pH favorável para o cultivo da maioria das microalgas é sempre próximo da neutralidade, pH para ambientes de água salgada, e em sistemas em que ocorre variações do fotoperíodo claro/escuro, observa-se aumentos do pH durante o período claro e redução do pH na fase escura. Dessa forma, o autor ainda afirma que o pH é um dos fatores de maior relevância no meio de cultura já que afeta

diretamente as reações químicas que ocorrem no meio. Dessa forma, os valores de pH registrados nesta pesquisa mostraram-se favoráveis ao crescimento algal.

O fato das maiores densidades, em ambos os biofertilizantes, terem sido alcançadas com a menor concentração pode significar que este apresente toxicidade em concentrações mais elevadas, ou concentrações de compostos acima do limite de tolerância da *Dunaliella sp.*

Como as macrófitas absorvem grande parte do que está na água dos rios, na presença de contaminantes, estas podem bioacumulá-los o que explicaria a menor taxa de crescimento na presença de biofertilizante de macrófita. Já com o biofertilizante à base de fezes de cães, a maior concentração também pode ter sido tóxica para as algas, ou com algum excesso de nutriente acima do limite tolerado, sendo mais adequadas as menores concentrações. Como ambas, C1 (0,66%) e C2 (1,33%) apresentaram crescimento semelhante, pode-se indicar estas concentrações como adequadas para o cultivo de algas em grande escala, principalmente a *Dunaliella sp.*

Chlorella sp. apresentou o melhor desempenho em águas residuárias tratadas com UASB, acima de 90% (TORRES, 2014). Isso revela que esta espécie é resistente a águas mais enriquecidas com nutrientes. No entanto, nesta pesquisa, suas concentrações foram semelhantes variando entre cerca de $5,0 \text{ a } 6,0 \text{ cél.mL}^{-1} \times 10^5$ no experimento usando o biofertilizante de biodigestor abastecido com excretas de suíno nas concentrações entre 0,67% a 6,25%.

RHAMAN et al. (2005) alcançaram as densidades de $4,3 \text{ cél.mL}^{-1} \times 10^6$ aos 9 dias de cultivo, com *Chlorella ellipsoidea* no tratamento misto (50% meio inorgânico + 50% meio de pó integral), comparando com outros 4 tipos de meios de cultura. Nos outros meios as densidades desta alga variaram de $6,2 \text{ cél.mL}^{-1} \times 10^5$ a $4,08 \text{ cél.mL}^{-1} \times 10^6$. As densidades de *Chlorella* nesta pesquisa citada foram semelhantes às densidades das microalgas testadas nesta pesquisa, demonstrando que o biofertilizante de biodigestor usando excretas animais, seja de suínos, seja de cães, ou de plantas, pode ser utilizado para a produção de microalgas

em larga escala e a baixo custo.

Segundo pesquisa de SEBASTIEN e KLEIN (2006) *Dunaliella salina* cultivada em meio Erd-Schreiber demorou 42 dias para alcançar o pico máximo de $4,57 \text{ cél.mL}^{-1} \times 10^6$, nesta pesquisa *Dunaliella sp.* atingiu densidades de cerca de $4,0 \text{ cél.mL}^{-1} \times 10^6$ em 9 dias, demonstrando que este meio de cultura algal, de baixo custo foi mais eficiente que o meio de cultura acima citado e pode ser usado com eficácia para o cultivo de *Dunaliella*.

COSTA et al. (2004), também registraram densidades de *Dunaliella viridis* cultivadas com o meio de cultura f/2 (GUILLARD, 1975) de $1,54 \text{ cél.mL}^{-1} \times 10^6$ no sétimo dia de cultivo, densidades ligeiramente inferiores às desta pesquisa, no entanto, em 2 dias a menos de cultivo, o que confere similaridade de eficácia para os dois meios. O mesmo foi registrado por PINHEIRO et al. (2002) que alcançaram densidades de *D. viridis* variando entre $3,03 \text{ cél.mL}^{-1} \times 10^6$ (água doce) e $7,33 \text{ células.mL}^{-1} \times 10^6$ (salinidade de 15 psu). Isso demonstra que o meio de biofertilizante é tão adequado ou melhor que outros meios de cultura consagrados na literatura.

Em outras culturas algais, utilizando também meios de cultura orgânicos, à base de caldo de peixe e esterco de gado, testados no crescimento de *Tetraselmis chuii*, obtiveram-se densidades de $4,5 \text{ cél.mL}^{-1} \times 10^5$ (OLIVEIRA & KOENING, 1984). O fato de passar por um processo biodigestivo, pode ter favorecido o meio de cultura para *Dunaliella sp.*, que aumentou as densidades, alcançando cerca de $4,0 \text{ cél.mL}^{-1} \times 10^6$ no experimento 2 e o mesmo foi observado para *Chlorella sp.*, no experimento 1, que apresentou densidades ligeiramente superiores a essas, alcançando cerca de $6,0 \text{ cél.mL}^{-1} \times 10^5$. No entanto, o fato de ser uma espécie diferente também pode estar afetando as suas densidades e resposta aos meios de cultivo.

CONCLUSÃO

A utilização do biofertilizante de macrófitas mostrou-se uma alternativa viável para a produção de microalgas, permitindo um crescimento algal na ordem de $2,0 \text{ cél.mL}^{-1} \times 10^5$. Porém, em concentrações mais elevadas identificou-se a

inibição do crescimento desses organismos, seja relacionado à coloração mais escura da água, que tem ligação direta com a redução da taxa fotossintética, ou por agentes tóxicos que bioacumularam nas macrófitas utilizadas para a produção do biofertilizante, ou durante os processos da própria biodigestão.

O uso de efluente de biodigestor que usa fezes de cães como biomassa apresentou o melhor resultado, com o maior crescimento da microalga *Dunaliella sp.* com densidade máxima de $4,0 \text{ cél.mL}^{-1} \times 10^6$. O efluente de biodigestor com uso de biomassa de fezes suínas apresentou um menor desempenho, comparado com o anterior, no entanto, superior ao efluente de biodigestor com macrófitas, alcançando uma densidade máxima de *Chlorella sp.* cerca de $6,0 \text{ cél.mL}^{-1} \times 10^5$.

A pesquisa demonstrou a viabilidade de produção de microalgas a partir de efluentes de biodigestores que podem usar diferentes biomassas, a baixo custo. Isso é relevante para possibilitar a produção de ostras fora dos estuários, de forma a manter a produção com menos contaminações.

Os tipos de biomassa apresentados são de fácil disponibilidade, como excretas suínas, excretas de cães e plantas aquáticas. Os biodigestores caseiros são de fácil construção e de baixo custo, o que permite que larvicultores possam, a baixo custo, produzir fitoplâncton, que de outra forma, em biorreatores, é um processo mais oneroso e mais difícil de manter, incluindo a compra de reagentes para a produção dos meios de cultura. OLIVEIRA e CRISPIM (2013) apresentaram propostas de produção de fitoplâncton em caixas de água com sucesso, embora os autores citados tenham testado outros meios de cultura, como meio de composto orgânico. Isso demonstra a viabilidade de produção de larvicultura de quaisquer grupos animais a baixo custo e de forma simples, sendo uma boa solução para os pequenos empresários do ramo.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do CNPq via UFPB na atribuição de bolsas PIBIC aos primeiros autores desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOLT, J.; INKLAAR, R.; JONG, H. & van ZANDEN, J.L. Rebasings 'MADDISON': new income comparisons and the shape of long-run economic development. GGDC RESEARCH MEMORANDUM 174. University of Groningen. Groningen Growth and Development Centre. 2018. (Disponível em: https://www.rug.nl/ggdc/html_publications/memorandum/gd174.pdf)
- COSTA, R.A.A.M.; KOENING, M.L. & MACEDO, S.J. 2004. Urban secondary sewage: an alternative medium for the culture of *Tetraselmis chuii* (Prasinophyceae) and *Dunaliella viridis* (Chlorophyceae). *Braz. Arch. Biol. Technol.* **47** (3): 451-459. (<https://doi.org/10.1590/S1516-89132004000300016>)
- DERNER, R.B.; OHSE, S.; VILLELA, M.; CARVALHO, S.M. & FETT, R. 2006. Microalgas, produtos e aplicações. *Ciência Rural*. **36** (6):1959-1967. (<https://doi.org/10.1590/S0103-84782006000600050>)
- FALKOWSKI, P.G. RAVEN J.A. 1997. Aquatic photosynthesis. *Journal of Experimental Botany*. **49** (320): 621. (<https://doi.org/10.1093/jxb/49.320.621>)
- FRÉ, N.C. 2016. Influência das condições de cultivo da microalga *Dunaliella tertiolecta* na produção de carotenoides e lipídios. 2016. 82 fls. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- GARCIA, A.N. 2005. Contaminação microbiológica na área de cultivo de moluscos bivalves de Anchieta (Espírito Santo, Brasil). Monografia. Curso de Graduação em Oceanografia. Universidade Federal do Espírito Santo. 68 p.
- (Disponível em: https://oceanografia.ufes.br/sites/oceanografia.ufes.br/files/field/anexo/contaminacao_microbiologica.pdf)
- GILLETTE, D., ONO, D., RICHMOND, K. 2004. A combined modeling and measurement technique for estimating windblown dust emissions at Owens (dry) Lake, California. *Journal of Geophysical Research*. **109** (F01003) (<https://doi.org/10.1029/2003JF000025>)
- GODECKE, M. V.; NAIME, R. H.; FIGUEIREDO, J. A. S. 2012. O consumismo e a geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil. *Revista eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental*. **8** (8): 1700-1712,
- GUILLARD, R. R. L. 1975. Culture of phytoplankton for feeding marine invertebrates. In: Smith, W. L. and Charley, M. M. (eds.). Culture of marine invertebrates animals. New York : Plenum. pp. 29-60.
- JONES, A.B. 2008. Sydney rock oyster, *Saccostrea commercialis* (Iredale & Roughley), filtration of shrimp farm effluent: the effects on water quality. *Aquaculture Research*. **30** (1): 51-57. (<https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.1999.00299.x>)
- LEFEBVRE, S.; BARILLÉ, L.; CLERC, M. 2000. Pacific oyster (*Crassostrea gigas*) feeding responses to a fish-farm effluent. *Aquaculture*. **187** (1-2): 185- 198. ([https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00390-7](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00390-7))
- MARINHO, F.B. 2019. Ostreicultores e ostreicultura: a sustentabilidade social e ambiental de sistemas produtivos nas zonas costeiras da Paraíba e de Santa Catarina. Tese de doutorado. Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal da Paraíba. 233 pp.
- MELLO, S. C. 2018. Uso de macrófitas aquáticas fitorremediadoras como incremento ao tratamento de esgoto e o potencial de sua biomassa na produção de biogás. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal da Paraíba. 112 pp
- OLIVEIRA, A.A.G., KOENING, M.L. 1984. Crescimento exponencial de *Tetraselmis chuii* com fertilizantes orgânicos. *Arq. Biol. Tecnol.* **27** (3): 293-298.
- OLIVEIRA, F.M.F. Cultivo de plâncton para uso em aquicultura: Proposta de desenvolvimento de atividade econômica sustentável para a comunidade pesqueira da Praia da Penha, João Pessoa, Brasil. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal da Paraíba. 165 p. 2008.
- OLIVEIRA, F.M.F.; CRISPIM, M.C. 2013. Compost extract as nutrient source for algal cultures. *Journal of Aquaculture Research and*

- Development*. **4** (5):1000195. (doi:10.4172/2155-9546.1000195)
- ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE -OMS. Substâncias químicas perigosas à saúde e ao ambiente. Programa Internacional de Segurança Química. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2008. 119 pp. (Disponível em: file:///C:/Users/PESSOAL/Downloads/subs_quimicas.pdf)
- PINHEIRO, A.C.A.S.; ABRUNHOSA, F.A.; COSTA, R.M. 2002. Cultivo de *Dunaliella viridis* (Volvocales: Chlorophyceae) sob diferentes regimes de salinidade. *Tropical Oceanography*. **30** (2): 97–103. (<https://doi.org/10.5914/tropocean.v30i2.3897>)
- RAHMAN, M.S; HOSSAIN, M.A.; FATEMA, S.; HOSSAIN, M.A. 2005. Culture of green algae *Chlorella ellipsoidea* in inexpensive media. *Bangladesh J Fish. Res.*, **9** (2): 185-190.
- REBOUÇAS, L.O.S.; GOMES, R.B. 2016. AQUICULTURA ORGÂNICA: UMA VISÃO GERAL. *Rev. Bras. Eng. Pesca*. **9** (2): 135-151. (<https://doi.org/10.18817/repesca.v9i2.1206>)
- RENAUD, S.M., THINH, L.-V., LAMBRINIDIS, P., PARRY, D. L., 2002. Effect of temperature on growth, chemical composition and fatty acid composition of tropical Australian microalgae grown in batch cultures. *Aquaculture*. **211**, 195–214 ([https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00875-4](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00875-4))
- RODRIGUES, J.B.R. & BELLI, F. P. 2004. Eficiência da microalga *Chlorella minutissima* no tratamento de resíduos de suinocultura enriquecido com uréia. *Biotemas*. **17**:7-26
- RODRIGUES, S.C.; TORGAN, L. & SCHWARZBOLD, A. Composição e variação sazonal da riqueza do fitoplâncton na foz de rios do delta do Jacuí, RS, Brasil. *Acta Bot. Bras.* **21**(3): 707-721. 2007
- SCORVO-FILHO, J. D.; MARTINS, N. B.; AYROSA, L. M. S. 1998. Piscicultura em São Paulo: custos e retornos de diferentes sistemas de produção na safra de 1996/1997. *Informações Econômicas* - IEA, SP. **28** (3): 41-60.
- SEBASTIEN, N. Y; KLEIN, V.L.M. 2006. Efeito do meio Erd Schreiber no cultivo das microalgas *Dunaliella salina*, *Tetraselmis chuiie* e *Isochrysis galbana*. *Acta Sci. Biol. Sci.* **28** (2):149-152. (DOI: 10.4025/actascibiols.v28i2.1037)
- SIPAÚBA-TAVARES, L.H.; ROCHA, O. 2003. Produção de plâncton (fitoplâncton e zooplâncton) para alimentação de organismos aquáticos. São Carlos. Rima.106p. ISBN 85-86552-17-8 – 2002
- SOARES, J. 2021. Desenvolvimento de meios de cultura a partir de fertilizantes agrícolas para cultivo de microalgas. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Botânica, Universidade Federal de Viçosa. 107 pp
- TAVARES-DIAS, M. 2009. Manejo e sanidade de peixes em cultivo. 724 pp. Macapá, EMBRAPA Amapá. ISBN 978-85-61366-01-8
- VIANA, J.P. Recursos pesqueiros do brasil: situação dos estoques, da gestão, e sugestões para o futuro. Boletim Regional, Urbano e Ambiental. 7: 45-59. 2013. (Disponível em: (http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/5583/1/BRU_n07_recursos.pdf))
- TORRES, H.S.J. Cultivo de microalgas em efluente de tratamento anaeróbio de esgoto. Tese de doutorado. Programa de PósGraduação em Engenharia Ambiental do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo. 208 pp