



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE
MESTRADO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE

MARCOS AVERSARI

AQUICULTURA DE MICROALGAS: UMA PROPOSTA PARA A MELHORIA NA
QUALIDADE DE VIDA DE PESCADORES DO NORDESTE DO BRASIL

João Pessoa
2018

MARCOS AVERSARI

**AQUICULTURA DE MICROALGAS: UMA PROPOSTA PARA A MELHORIA NA
QUALIDADE DE VIDA DE PESCADORES DO NORDESTE DO BRASIL**

Dissertação de Mestrado submetida ao
Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento e Meio Ambiente da
Universidade Federal da Paraíba –
UFPB – como requisito para obtenção
do Título de Mestre.

Orientadora: Dra. Kallyne Machado Bonifácio

João Pessoa
2018

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

A952a Aversari, Marcos.

AQUICULTURA DE MICROALGAS: UMA PROPOSTA PARA A MELHORIA
NA QUALIDADE DE VIDA DE PESCADORES DO NORDESTE DO
BRASIL / Marcos Aversari. - João Pessoa, 2018.
57 f. : il.

Orientação: Kallyne Machado Bonifácio.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN.

1. Microalgas, pescadores, meio de cultivo, artificial. I.
Bonifácio, Kallyne Machado. II. Título.

UFPB/BC

MARCOS AVERSARI

**AQUICULTURA DE MICROALGAS: UMA PROPOSTA PARA A MELHORIA NA
QUALIDADE DE VIDA DE PESCADORES DO NORDESTE DO BRASIL**

Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA – da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

João Pessoa, 29/11/2018.

BANCA EXAMINADORA



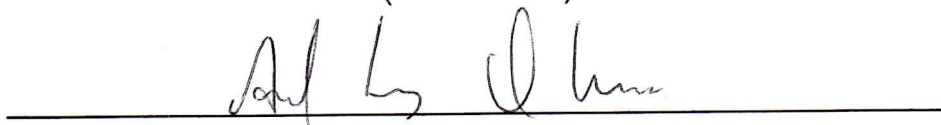
Professora Dra. Kallyne Machado Bonifácio – PRODEMA/UFPB

(Orientadora)



Professor Dr. Reinaldo Farias Paiva de Lucena – PRODEMA/UFPB

(Examinador)



Professor Dr. André Luiz Queiroga Reis – UNIPÊ

(Examinador)

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer ao bom DEUS, meu criador e salvador por estar sempre comigo apesar de não merecer, me permitindo viver, amar, chorar, aprender, conquistar e realizar sonhos que me pareciam impossíveis.

Aos meus pais, Ismael Aversari (*in memoriam*), e Maria Teresa Depetri Aversari por tudo o que sou, pois quantas vezes renunciaram aos seus sonhos para que eu pudesse realizar os meus.

A minha amada e cúmplice esposa Rawlla, que esteve sempre ao meu lado, me incentivando, apoiando, me mostrando que longe é um lugar que não existe.

Aos meus filhos Lucas e Hawlla, bençãos de DEUS em minha vida, pelo amor, incentivo, apoio, paciência e ensinamentos nesta conquista.

Ao Prof. Dr. Reinaldo Farias Paiva de Lucena, pela criação e execução do mestrado para servidores do PRODEMA, o qual permitiu a mim e demais colegas a realização deste mestrado.

A minha orientadora Profa. Dra. Kallyne Machado Bonifácio, que me acolheu quando eu estava desgarrado e com sua calma, sabedoria, ensinamentos e paciência, me colocou nos trilhos novamente me permitindo chegar a estação final deste mestrado.

A Universidade Federal da Paraíba por permitir a realização do presente trabalho nas instalações do Laboratório de Estudos Ambientais – LEA.

A todos os professores do PRODEMA, por partilharem seus ensinamentos e amizade.

A empresa Cimsal - Com. e Indústria de Moagem e Refinação Sta. Cecília Ltda, do Estado do Rio Grande do Norte, pela doação do sal sem iodo.

Ao Laboratório de Fitoplâncton, da Universidade Federal de Pernambuco, pela doação das cepas de microalgas.

A amiga Silvana Alves dos Santos, coordenadora do programa de compostagem da EMPASA, pela doação do composto utilizado no trabalho.

Agradeço ao Programa de Pós-Doutorado Capes, pela bolsa concedida a Profa. Kallyne Machado Bonifácio.

Aos amigos de turma, os quais jamais esquecerei, por todos os momentos maravilhosos que percorremos juntos.

Por fim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para que este sonho se tornasse realidade meu muito **OBRIGADO!**

Dedico

À minha querida esposa,
Rawlla Eriam Oliveira Costa Aversari,
e aos meus filhos Lucas e Hawlla;
Ao meu pai,
Ismael Aversari, *in memoriam*
e minha mãe
Maria Teresa Depetri Aversari

LISTA DE FIGURAS

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Utilidades das microalgas

Figura 1. Mercado para produtos derivados de algas (AGROENERGIA, 2016).

Sistemas de cultivo de microalgas

Figura 2. Sistema de cultivo de microalgas aberto (GREENWELL et al., 2010).

Figura 3. Fotobiorreator para cultivo de microalgas na Universidade Federal da Paraíba (Aversari, 2018).

Meios de cultivo

Figura 4. Características químicas do composto de sólidos orgânicos após 120 dias de compostagem (WANGEN, 2010).

CAPÍTULO 1

RESULTADOS

Figura 5. Comparação do crescimento das três espécies de microalgas na água do mar natural.

Figura 6. Comparação do crescimento das três espécies de microalgas na água do mar artificial.

Figura 7. Comparação do crescimento das três espécies de microalgas na água marinha de descarte de dessalinizador.

Figura 8. Comparação do crescimento da *Isochrysis sp.* nos diferentes meios experimentais.

Figura 9. Comparação do crescimento da *Chaetoceros sp.* nos diferentes meios experimentais.

Figura 10. Comparação do crescimento da *Tetraselmis sp.* nos diferentes meios experimentais.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

MATERIAL E MÉTODOS

Preparação do meio nutriente

Tabela 1. Laudo de ensaios laboratoriais do composto orgânico utilizado, fornecido pela EMPASA.

Tabela 2: Comparação entre os resultados obtidos por autores no cultivo experimental.

Tabela 3: Estimativa de valores para a iniciar e manter o cultivo de microalgas no modelo proposto.

Tabela 4: Estimativa de lucros mensais obtidos pelo cultivo de microalgas.

Índice

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	12
2.1 Aquicultura.....	12
2.2 Microalgas.....	13
2.3 Utilidades das microalgas.....	16
2.4 Sistemas de cultivo de microalgas.....	17
2.5 Meios de Cultivo.....	20
2.5.1 Compostagem.....	20
2.6 Aspectos socioeconômicos dos pescadores do nordeste do Brasil.....	22
CAPÍTULO 1.....	30
Resumo.....	31
Introdução.....	33
Material e métodos.....	34
Preparo das condições necessárias para a realização do cultivo.....	34
Preparação das águas natural e artificial.....	35
Preparação do meio nutriente.....	35
Cultivo.....	36
Resultados.....	37
Água do mar natural (AMN).....	37
Água do mar artificial (AMA).....	39
Água de descarte de dessalinizador (AMDD).....	41
Análise de crescimento das microalgas nos diferentes meios.....	42
Discussão.....	46
Perfil socioeconômico dos pescadores da Paraíba.....	49
Sistema de cultivo proposto e implicação social.....	51
Conclusões.....	53
REFERÊNCIAS.....	54
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57

1. INTRODUÇÃO

O crescente aumento na procura por produtos originados da pesca e seus derivados, a exploração sem controle e a necessidade de uma política de manuseio apropriada em relação à captura e produção destes produtos vem colaborando ao longo dos anos, para a redução dos estoques destes recursos naturais. A redução contínua da produção vem causando abalo econômico no setor industrial e social, pois o setor produtivo está ficando desprovido de matéria prima e as condições de vida das populações pesqueiras se tornando ainda mais precárias (LEITE; GASALLA, 2013).

Diante destes fatos torna-se imprescindível a implantação de cultivos experimentais, que possam contribuir para auxiliar no desenvolvimento e instalação de cultivos familiares. Com o crescimento da população e a diminuição dos recursos pesqueiros, faz-se necessário desenvolver novas formas, para que as comunidades pesqueiras possam ter uma melhoria na qualidade de vida e se possa reduzir a pressão sobre os recursos marinhos (OLIVEIRA, 2008).

O cultivo de microalgas pode ser usado, como uma boa alternativa para a melhoria e recuperação das comunidades pesqueiras de qualquer localidade. Este tipo de cultivo, por ser a base da cadeia alimentar de qualquer outro meio de aquicultura e ter grande uso na indústria, servindo para reduzir as condições de pobreza em que a maioria dos pescadores se encontram e ao mesmo tempo contribuir com a recuperação dos bancos naturais (OLIVEIRA, 2008).

As comunidades pesqueiras costeiras do nordeste, estão entre as mais carentes do Brasil, muitas delas encontram-se abaixo do nível de pobreza vivendo unicamente da pesca artesanal. Nos últimos anos, muitas pessoas tem migrado do interior para o litoral, a procura de novas maneiras de sobrevivência. Entretanto, este fato causa discórdias sociais e agrava ainda mais as condições de vida das comunidades pesqueiras do litoral. Atrelado a este problema, encontra-se uma queda paulatina dos estoques pesqueiros (peixes, ostras, mariscos, crustáceos), fazendo com que os pescadores se afastem a cada dia mais da costa a procura de novos bancos pesqueiros (MARINHO-SORIANO, 2005).

Na presença destes fatos, nota-se que o cultivo de microalgas apresenta grande potencial de modificação de indicadores sociais e integração das comunidades pesqueiras, podendo também, ser para as mulheres destas comunidades uma fonte de

ocupação e renda, pois as mesmas não precisarão se ausentar de seus lares para a realização do cultivo, que poderá ser feito em seus quintais. Em relação ao social, o cultivo de microalgas permitirá aos pescadores e seus familiares a possibilidade de se firmarem em seus locais sem a necessidade de migrarem de um lugar para outro (SODRÉ, 2008).

Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo geral elaborar uma metodologia que viabilize o cultivo de três espécies de microalgas marinhas em meio artificial e de baixo custo, com o intuito de oportunizar a pescadores e suas famílias uma fonte alternativa e sustentável de trabalho e renda. Como objetivos específicos buscou-se avaliar o melhor meio de cultivo artificial para a cultura de microalgas, comparar o desempenho do crescimento das microalgas *Chaetoceros sp*, *Isochrysis sp* e *tetraselmis sp* usando dois tipos de água marinha artificial (AMA) em relação à água marinha natural (AMN) e avaliar se o produto extraído da compostagem é eficiente como nutriente para o cultivo das microalgas e discutir a implicação social do cultivo de *Chaetoceros sp*, *Isochrysis sp* e *tetraselmis sp* para os pescadores da Paraíba.

Este trabalho está estruturado na forma de um artigo intitulado “Cultivo de Microalgas em Meio Alternativo e de Baixo Custo Enriquecido com Resíduos de Compostagem: Uma Proposta para Melhoria de Vida dos Pescadores” submetido à Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade. Contudo, a primeira parte é composta por uma introdução geral e pelo referencial teórico.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Aquicultura

A FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, define aquicultura como sendo o cultivo de organismos aquáticos, tanto em água doce como em água salgada, de peixes, crustáceos, moluscos e plantas aquáticas, sob condições controladas (SEBRAE, 2015).

O cultivo de organismos aquáticos é uma atividade corriqueira de longas datas, detectada em diversas culturas pelo mundo. Registros históricos em documentos e manuscritos chineses, como também em hieróglifos egípcios mencionam a técnica da aquicultura. Esta forma de cultivo mostra de um modo simples, como varias espécies de peixes imaturos eram mantidos em um ambiente favorável, que não necessitava a inclusão de muitos elementos ou recursos externos, e como uma importante fonte alimentar, eles eram consumidos pela população. Hoje em dia a aquicultura é a maior encarregada em produzir a metade dos peixes e moluscos consumidos pela população mundial (DE OLIVEIRA et. al., 2015).

A aquicultura se divide em varias áreas em conformidade com o organismo cultivado (SEBRAE, 2015):

- **Algocultura:** é o cultivo de algas, que podem ser o fitoplankton ou microalgas, que só podem ser vistas ao microscópio, ou de algas que podem ser vistas a olho nu, chamadas de macroalgas, que são conhecidas geralmente pelas pessoas como algas. Ambas possuem vários usos comerciais e industriais.
- **Piscicultura:** é a cultura de peixes em tanques, viveiros, lagoas, mares e rios, é a forma mais antiga de aquicultura. Este tipo de criação se destina ao comercio e alimentação. As espécies mais cultivadas no mundo, carpas, tilápias, salmões e bagres.
- **Carcinicultura:** é o cultivo de camarões, que teve inicio nos anos 70 com uma produção em pequena escala, mais atualmente esta produção vem crescendo rapidamente para uma produção em grande escala. A tecnologia e a ciência juntas

vem procurando a cada dia uma melhora na produção para fornecer a população um produto de boa qualidade.

- **Malacocultura:** é o cultivo de moluscos que podem ser ostras ou mexilhões, são animais bivalves filtradores, que se alimentam do fitoplâncton e do zooplâncton. Dependendo da espécie cultivada e das condições da área de cultivo, este tipo de aquicultura pode ser considerada benéfica para o ambiente. O cultivo destes animais de forma sustentável podem receber certificados de qualidade do produto, como o da Word Wide Fund for Nature (WWF).
- **Outros grupos:** Entre os demais grupos cultivados incluem-se os invertebrados, anfíbios e répteis aquáticos. Dentre os invertebrados os mais comercialmente cultivados, são os pepinos e os ouriços do mar.

É importante destacar que a aquicultura é uma atividade que pode promover o desenvolvimento social, ter uma produção lucrativa, ser feita de forma sustentável prezando pelo meio ambiente e seus recursos naturais (DE OLIVEIRA et al., 2015).

Dentre os segmentos conforme a classe de organismo cultivado, podemos considerar o mais importante a algocultura e dentro deste o cultivo de microalgas, pois são elas a base para toda a cadeia alimentar dos outros segmentos.

2.2 Microalgas

Desde séculos passados, povos nativos já se alimentavam de algumas espécies de microalgas, do gênero *Nostoc* na Ásia e *Spirulina*, que eram consumidas pela tribo Kanembous na África, onde as mulheres recolhiam a *Spirulina* que se aglomerava nas margens do lago Chad, deixavam expostas ao sol para secar e quando secas modelavam em pedaços que eram cortados para serem consumidos.

Comiam também uma mistura de *Spirulina* com temperos diversos mais molho de tomate a qual davam o nome de Dihé. No México, a *Spirulina* era recolhida pelos Astecas no lago Texcoco que a comiam misturada com cereais (AARONSON, BERNER e

DUBINSKY, 1980; DURAND-CHASTEL, 1980; CIFERRI e TIBONI, 1985; DILLON, PHUC e DUBACQ, 1995).

No entanto, há apenas, algumas décadas o cultivo de microalgas iniciou um grande interesse comercial. No século XX, a união entre pesquisadores e produtores criou novas técnicas para o cultivo de microalgas para obtenção de biomassa em grande escala, estas eram cultivadas em tanques abertos ou em estruturas fechadas os fotobiorreatores (APT e BEHRENS, 1999; TREDICI, 1999).

Nos anos 1960 iniciou-se o cultivo para produção comercial com as espécies *Spirulina* e *Chlorella* que seriam utilizadas como suplemento alimentar, da espécie *Dunaliella salina* se extraía o β -caroteno, a produção de astaxantina era da espécie *Haematococcus pluvialis*, e varias outras espécies eram utilizadas para a aplicação na aquicultura. Neste mesmo período, pesquisas na área de biotecnologia de microalgas convergiam para o reuso de águas residuais, utilização em projetos espaciais de renovação atmosférica e também como fonte de alimento (BENEMAN, 1990).

No século XXI procurando possibilidades para a diminuição da competição alimentos contra biocombustíveis e a reposição pelo menos parcial dos combustíveis derivados do petróleo se ampliaram (CHISTI, 2007; ANDRADE e COSTA, 2008; CHISTI, 2008). Neste século o cultivo de microalgas precisara ser uma atividade propícia e de grande importância para o desenvolvimento ecológico sustentável, a conservação das espécies e a preservação de todos os ecossistemas aquáticos. Quando a técnica de cultivo for bem determinada, não será preciso a utilização de grandes áreas para a produção e comercialização das microalgas.

As microalgas são microrganismos diversificados que podem ser vistos ao microscópio, são unicelulares coloniais ou filamentosos, possuem diversas formas e cores, precisam de luz para produzir seu alimento (OLAIZOLA, 2003), ou seja, através da fotossíntese, elas transformam água, dióxido de carbono e luz em oxigênio e biomassa (COSTA e DE MORAIS, 2011), esta energia é acondicionada no formato de carboidrato, óleo e proteína (DEMIRBAS, 2011), algumas espécies podem conter um alto teor de lipídeos em seu volume seco (CAI, PARK e LI, 2013).

Estes organismos apresentam estruturas simples, compostas principalmente por lipídeos, proteínas, hidratos de carbono e vitaminas dos complexos A, B1, B2, B6, C e E (MERCADO, 2011). A modificação da constituição química de tais microrganismos pode ser feita, transformando as condições de cultivo (luz, meio, salinidade, pH, CO₂ e

temperatura) através de stress, que induz a fabricação de grande quantidade de compostos bioativos de interesse comercial (VAZ et al., 2016).

A classificação das microalgas é feita de acordo com a cor que elas apresentam: classe *chlorophyceae* - algas verdes, classe *rhodophyceae* - algas vermelhas, classe *cyanophyceae* - algas azuis e classe *phaeophyceae* - algas castanhas (BEGUN et al., 2016) elas são a base da cadeia alimentar em qualquer cultivo aquático (MERCADO, 2011).

As mesmas tem a responsabilidade na produção fotossintética primária da terra, por mais de 50% (MILLEDGE, 2011) e podem crescer em qualquer tipo de água doce, salobra e salgada e podem também usar águas de efluentes domésticos e residuais (SEMIÃO, 2013).

A criação destes microrganismos não depende das estações do ano, não necessita de terras cultiváveis, e não disputa com outras culturas alimentares. Pelo fato de terem uma alta eficiência para fixar o CO₂ da atmosfera, elas exibem uma alta taxa de crescimento, que pode ser mais de dez vezes maior em relação as plantas superiores (MOSTAFA, 2012), isto acarreta uma redução no efeito estufa, aquecimento global e nas mudanças climáticas (GOUVEIA et al., 2008).

A cultura e processamento destes organismos pode ser feita em um mesmo local, em qualquer região de clima tropical, sem paradas entre uma safra e outra e durante todo ano, isto faz com que os custos de logística sejam reduzidos contribuindo com a produção integrada e continua de diversos produtos (SANTOS e GARCIA et al., 2016).

Projeções para o crescimento da população mundial sugerem que ocorrerá uma grande competição por alimentos e um acréscimo na busca por energia no decorrer das próximas décadas. O cultivo de microalgas diante de tais projeções dispõem de possibilidades promissoras para a humanidade (PITTMAN et al., 2011).

Diante dessa conjuntura, o uso de matérias-primas renováveis a junção de técnicas industriais são observadas como soluções de grande potencial sustentável para preencher um pedaço da demanda por alimentos, energia, químicos e outros produtos. A transformação da biomassa destes produtos em muitos outros de interesse comercial e em energia, fortalecerá a utilização dos recursos e irá diminuir a produção de resíduos.

2.3 Utilidades das microalgas

As microalgas produzem uma diversidade de compostos químicos dentre eles biomoléculas de elevado valor agregado, sendo capaz de atender a um mercado variado (WILLIAMS; LAURENS, 2010).

Atribui-se as microalgas varias aplicações biotecnológicas (Figura 1). No campo de bioenergia, por possuírem elevado potencial para a produção de óleos, tendo em vista a produção de combustíveis como biodiesel, biohidrogenio, etanol ,bioquerosene e outros (BENEMANN JR, 2010; BRENNAN; OWENDE, 2009; DAMASO et al., 2014).

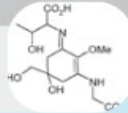
No campo ambiental, são usadas em processos de biorremediação, tratamento de efluentes domésticos e industriais, biofertilização (IYOVO, DU, AND CHEN, 2010; PITTMAN, DEAN, AND OSUNDEKON, 2011; ABDEL-RAOUF, 2012; HODAIFA et al., 2013; ALQUEZAR, GLENDENNING, AND COSTANZO, 2013; DESROSIERS et al., 2013).

Elas podem ser usadas como bioindicadores pelo fato de possuírem elevadas taxas de reprodução e períodos de vida curto, reagem rapidamente as mudanças do ambiente detectando substancias toxicas (DESROSIERS et al., 2013, TORRES et al., 2008).

No campo da alimentação, as microalgas podem ser utilizadas como fonte de carboidratos, lipídeos e proteínas servindo como alimento para humanos e animais. Podem ser encontradas em forma de tabletes, pó, extratos, cápsulas ou outras formas. As microalgas podem produzir substancias com propriedades nutraceuticas como o ácido eicosapentaenóico – EPA e o ácido docosahexaenóico – DHA, como também substancias com propriedades terapêuticas como pigmentos carotenoides (GILL & VALIVETY, 1997; TRIPATHI et al., 1999).

Podem ser adicionadas como suplemento ou corante, em massas, doces, bebidas (BECKER, 2004; COLLA et al., 2004; PULZ & GROSS, 2004). Porem o uso mais comum de microalgas, tem sido na aquicultura como alimento na fase inicial de moluscos, crustáceos e peixes dentre outros (MULLER-FEUGA, 2004).

Figura 1. Mercado para produtos derivados de algas.

Aplicações - Nutrição Humana e animal - Biomédica (corantes) Exemplos - Astaxantina / Cataxantina - Ficocianina Pigmentos 	Aplicações - Nutrição Humana e Animal - Cosméticos (antioxidantes) Exemplos - EPA - DHA Ácidos graxos poli-insaturados 	Aplicações - Cosméticos (filtros solares) Exemplo - <i>Porphyra</i> Aminoácidos tipo micosporinas 
Aplicações - Alimentos (estabilizantes) - Biomédica /farmacêutica Exemplos - Ágar - Carragenina / Alginato Ficocoloides 	Aplicações - Nutrição Animal (aquacultura) Exemplo - Fitosterol Esteróis 	Aplicações - Nutrição Humana e Animal Exemplos - <i>Chlorella</i> - <i>Spirulina</i> Aminoácidos e proteínas 
Aplicações - Etanol - Bioplásticos - Blocos construtores químicos Carboidratos 	Aplicações - Biodiesel e bioquerosene - Surfactantes - Lubrificantes - Polímeros Lipídeos 	Aplicações - Biogás e energia - Fertilizantes - Biofixação de CO₂ e tratamento de efluentes Biomassa 

Fonte: AGROENERGIA, 2016.

2.4 Sistemas de cultivo de microalgas

Ao longo das primeiras décadas do século passado, os sistemas de cultivo de microalgas foram desenvolvidos, eles podem ser do tipo aberto (Figura 2), que é um dos sistemas de cultivo em grande escala normalmente mais usado. A construção destes sistemas, pode ser em forma de tanques ou lagoas, com medidas diversas, pouca profundidade, podem ser feitos de concreto, fibra de vidro ou plástico, sua parte de baixo

pode ser de terra ou revestida com plástico, onde as culturas são mantidas em circulação contínua e a céu aberto, em contato direto com a natureza (RAWAT et al., 2013).

Figura 2. Sistema de cultivo de microalgas aberto.



Fonte: GREENWELL et al.,2010.

A causa principal para a construção deste tipo de sistema, é que eles são mais baratos para construir, a sua operação é mais fácil e sua durabilidade é maior do que os fotobiorreatores fechados. Para o cultivo de microalgas, muitos tipos de tanques ou lagoas foram projetados. Eles podem ter forma, tamanho, produto utilizado na construção e tipo de agitação e inclinação variados. Várias vezes, a construção destes é feita de acordo com a disponibilidade dos materiais encontrados na região (BECKER, 2004).

Muitos tipos de tanques foram apresentados, porem apenas três projetos se desenvolveram e foram operados em grande escala: 1- tanques por meio de sistemas inclinados, no qual a mistura é feita por bombeamento e escoada por gravidade; 2- tanques redondos onde o movimento é feito por um braço que gira; 3- tanques de rolamento nestes a circulação do cultivo é feita por pás. Hoje em dia, para a produção comercial de microalgas, somente os dois últimos são utilizados (RICHMOND, 2004).

Um outro tipo de sistema mais complexo (Figura 3), é o fotobiorreator (PBR), que é um sistema fechado, construídos na sua maioria com tubos plásticos, vidro ou policarbonato, organizados em painéis de formato achatado ou em serpentinas. Uma característica dos fotobiorreatores é que neles as condições de cultivo podem ser controladas e ajustadas para conseguir uma maior produtividade de biomassa em um período de tempo menor, quando relacionados com os sistemas abertos (RAWAT et al., 2013).

Contudo, este sistema possui muitas desvantagens que precisam ser analisadas e consideradas: 1- alto custo de construção, dez vezes mais do que o tanque aberto; 2- complexidade para ser ampliado; 3- material utilizado se estraga muito rápido e as células pelo stress podem ser danificadas (BRENNAN & OWENDE, 2010; MATA et al., 2010).

Figura 3. Fotobiorreator para cultivo de microalgas, na Universidade Federal da Paraíba.



Fonte: Aversari, 2018.

2.5 Meios de Cultivo

Meio de cultivo é uma junção de substâncias que produzem os nutrientes indispensáveis para o desenvolvimento de microrganismos afastados do seu meio natural. Para atender as exigências nutricionais das microalgas e a extensa diversidade metabólica das mesmas, existem muitos tipos de meio de cultura.

Em 1890 Miquel (cit. in: PRINGSHEIM, 1946) usou sua solução nutriente para o cultivo de algas, desde então para atender as exigências nutricionais das microalgas e a extensa diversidade metabólica das mesmas, vários meios de cultura têm sido criados.

Os meios de cultura podem ser classificados segundo Lourenço (2006) em:

1- meios definidos ou sintéticos, são os que usam água destilada, deionizada ou ultrapura onde são inseridos os nutrientes para enriquecer esta água, e aumentar o seu teor nutricional elevando o crescimento desses organismos;

2- meios semi definidos ou semissintético , são os que usam como base a água do mar, que pode ser enriquecida com nutrientes inorgânicos e orgânicos de forma precisa. Os meios mais destacados que usam esse processo são o Guillard e o Conway;

3- meios indefinidos são os que usam a água do mar e são acrescentados a ela substâncias orgânicas e inorgânicas de forma imprecisa;

4- meios sólidos, são feitos baseados em qualquer meio de cultura líquido onde se acrescenta ágar.

Os meios sintéticos ou definidos usados nos cultivos, cuja à base são reagentes analíticos, exibem custos elevados.

2.5.1 Compostagem

Uma forma ambientalmente correta de tratamento e de aproveitamento de todo material sólido de origem orgânica gerado nas feiras, mercados, indústrias e residências é a compostagem (TEIXEIRA et al., 2004). Esta técnica consiste em um processo biológico de modificação de resíduos orgânicos em substâncias húmicas homogêneas, de coloração escura, rica em nutrientes denominada composto. O seu produto final de

alta qualidade, pode ser utilizado em qualquer cultura como substrato nutriente e ou fertilizante orgânico (SOUZA et al., 2001).

No processo de compostagem quando as condições ideais estão presentes, ocorre um aumento da temperatura dentro do composto, isto se dá por causa da atuação microbiana na matéria (LEAL, 2006). O composto resultante da compostagem tem se tornado uma possibilidade viável para qualquer sistema de criação devido ao seu alto valor nutricional e biológico (ROSA, 2009).

Os benefícios da compostagem são: baixo custo operacional; uso do composto na fertilização do solo melhorando sua qualidade; fornecedor de nutrientes para outras culturas (Figura 4); redutor da poluição do ar e da água subterrânea, dentre outras (SILVA et. al., 2002; LIMA et al., 2008).

Figura 4. Características químicas do composto de sólidos orgânicos após 120 dias de compostagem.

Caracterização	Valores*
pH (CaCl ₂)	7,5
Umidade (%)	64,3
Matéria orgânica total (g kg ⁻¹)	497
Carbono Orgânico total (g kg ⁻¹)	276
Nitrogênio total (g kg ⁻¹)	19
Relação C/N	14,1
Nitrogênio (g kg ⁻¹)	19,2
Fósforo (P ₂ O ₅) (g kg ⁻¹)	9,3
Potássio (K ₂ O) (g kg ⁻¹)	28,0
Cálcio (Ca) (g kg ⁻¹)	34,4
Magnésio(Mg) (g kg ⁻¹)	4,3
Enxofre (S) (g kg ⁻¹)	3,9
Sódio(Na) (g kg ⁻¹)	2,4
Zinco(Zn) (g kg ⁻¹)	1,1
Ferro (Fe) (g kg ⁻¹)	23,4
Boro (B) (mg kg ⁻¹)	30,0
Cobre (Cu) (mg kg ⁻¹)	32,0
Manganês (Mn) (mg kg ⁻¹)	321,0

*Base seca a 65 °C.

Fonte: WANGEN, 2010.

A utilização de compostos originados de resíduos orgânicos em qualquer tipo de cultura é uma possibilidade para elevar a produtividade e reduzir os gastos com nutrientes e fertilizantes (KIEHL, 1985), além disso, é uma maneira sustentável e segura de usar estes resíduos no ambiente (FIGUEIREDO e TANATAMI, 2010; OLIVEIRA et al., 2014).

2.6 Aspectos socioeconômicos dos pescadores do nordeste do Brasil

A literatura tem documentado, que pescadores são grupos economicamente marginalizados, muito pobres e sem reconhecimento profissional, tornado-se excluídos da sociedade. Enfrentam uma exclusão cada vez maior produzida pela devastação do local de trabalho e pela insuficiência de estímulos externos (DO NASCIMENTO et al., 2007).

Alves (2003) analisando os aspectos socioeconômicos dos catadores de caranguejo-uçá do estuário do Rio Paraíba Nordeste do Brasil, verificou que os 70 entrevistados eram homens, a faixa etária entre 17 a 60 anos, 46% eram analfabetos e 34% semianalfabetos, 81% habitavam moradias de taipa, 70% destas moradias não possuíam banheiro, diante deste fato os excrementos eram jogados diretamente no rio ou a céu aberto, 87% das casas tinham energia elétrica, mas 41% não tinham água encanada, 52% declarou não ter atendimento médico e 93% declarou renda menor que o salário mínimo vigente.

Ao analisar as características socioeconômicas de 100 pescadores do município da Raposa, Estado do Maranhão, Santos et al., (2011), constatou que 100% dos entrevistados eram do sexo masculino, a idade oscilou entre 20 e 68 anos, com relação ao nível escolar foi observado que 19% eram analfabetos, 49% tinham o ensino fundamental incompleto, 23% o ensino fundamental completo, 3% o médio incompleto e 6% o médio completo, possuíam casas de alvenaria, algumas ainda sem saneamento básico, dependem de um único posto de saúde. A média de salário mensal recebido era de R\$ 511,00 para uma família de 4 ou 5 pessoas.

Santos et al., (2013), em seu trabalho na comunidade de Fernão Velho, Maceió Alagoas Brasil, analisou as características socioeconômicas desta comunidade e verificou que os 25 entrevistados eram homens, a faixa etária variou de 27 a 72 anos, 45% eram analfabetos e 50% tinham o fundamental incompleto, 75% tinham casas de alvenaria mais sem: saneamento básico, água encanada e coleta de lixo e o salário recebido era menor do que o mínimo.

Ao pesquisar os pescadores em São Francisco do Conde, Bahia, Evangelista et al., (2014), verificou que das 31 pessoas entrevistadas 71% eram homens, de pele negra 45,2% e parda 54,8%, a idade variou de 30 a 60 anos, 67,7% dos entrevistados tinham o ensino fundamental incompleto, 94% possuíam casa própria com saneamento básico,

coleta de lixo, água encanada, porém o salário recebido da pesca era inferior ao mínimo, fato este que os obriga a buscar outras formas de rendimento para sobreviver.

Costa (2015) ao fazer a descrição socioeconômica dos pescadores no baixo São Francisco, Nordeste do Brasil, constatou que dos 207 pescadores entrevistados, 75% eram homens, cuja idade variou de 27 a 51 anos, 60% eram casados ou viviam em união estável, 68% eram analfabetos, a média salarial mensal foi de R\$ 225,00, para uma família que tinha de 2 a 4 pessoas, 97% declarou ter casa própria, 95% ser de alvenaria e 5% de taipa, 47% não tinham serviço de esgoto, 12% não tinham coleta de lixo, este era jogado no rio ou em terrenos abandonados provocando doenças.

Vale et al., (2018), ao estudar os aspectos socioeconômicos das associações da colônia de pescadores e aquicultores do Município de Apodi Rio Grande do Norte, observou que dos 35 pescadores entrevistados, 23 eram do sexo masculino e 12 feminino com idades entre 19 a 60 anos, com relação a escolaridade 20 afirmaram ter o ensino fundamental I, 6 eram analfabetos e 9 tinham o ensino médio, 24 eram casados com uma média de 2 a 3 filhos, 43% afirmaram receber um salário mínimo, 28 dos interrogados afirmaram ter casa própria e 7 disseram morar com outros familiares ou em imóveis alugados, as casas possuíam água encanada e saneamento básico, porém não tinham recolhimento do lixo, acumulando nas ruas e na beira da lagoa, provocando doenças na população e poluição das águas, a internet era restrita a poucas famílias, das 35 pessoas 23 não tinham acesso a esta tecnologia.

A Lei Nº 11.959/2009, que estabelece as normas a respeito da Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca e regula as atividades pesqueiras, no Capítulo III, Da Sustentabilidade do Uso dos Recursos Pesqueiros e da Atividade da Pesca, na Seção I, artigo 3º descreve que *compete ao poder público a regulamentação da Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Atividade Pesqueira, conciliando o equilíbrio entre o princípio da sustentabilidade dos recursos pesqueiros e a obtenção de melhores resultados econômicos e sociais, calculando, autorizando ou estabelecendo, em cada caso.* Em seu paragrafo 1º “O ordenamento pesqueiro deve considerar as peculiaridades e as necessidades dos pescadores artesanais, de subsistência e da aquicultura familiar, visando a garantir sua permanência e sua continuidade” (BRASIL, 2009).

REFERÊNCIAS

- AARONSON, S.; BERNER, T.; DUBINSKY, Z. Microalgae as a source of chemicals and natural products. In: Shelef, G.; Soeder, C. J. *Algae biomass*. Amsterdam: **Elsevier Biochemical Press**, 1980. p. 576-601.
- ABDEL-RAOUF, N. Microalgae and wastewater treatment. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 19, n. 3, p. 257–275, 2012.
- AGROENERGIA, EMBRAPA. Agroenergia em revista: microalgas. **Embrapa Agroenergia- Outras publicações técnicas** (INFOTECA-E), 2016.
- ALQUEZAR, R.; GLENDENNING, L.; COSTANZO, S. The use of the brown macroalgae, *Sargassum- flavicans*, as a potential bioindicator of industrial nutrient enrichment. **Marine Pollution Bulletin**, v. 77, n. 1R2, p. 140–146, 2013.
- ALVES, Rômulo Romeu da Nobrega; KIOHARU NISHIDA, Alberto. Aspectos socioeconômicos e percepção ambiental dos catadores de caranguejo-uçá *ucides cordatus cordatus* (l. 1763) (decapoda, brachyura) do estuário do rio mamanguape, nordeste do brasil. **INCI**, Caracas, v. 28, n. 1, p. 36-43, enero 2003 . Disponible en <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442003000100006&lng=es&nrm=iso>. accedido en 09 nov. 2018.
- ANDRADE, M. R.; COSTA, J. A. V. Culture of microalga *Spirulina platensis* in alternative sources of nutrients. Cultivo da microalga *Spirulina platensis* em fontes alternativas de nutrientes, v. 32, n. 5, p. 1551-1556, 2008.
- APT, K. E.; BEHRENS, P. W. Commercial developments in microalgal biotechnology. **Journal of Applied Phycology**, v. 35, p. 215-226, 1999. <https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.1999.3520215.x>
- BECKER, E. W. Microalgae in human and animal nutrition. In: Handbook of Microalgal Culture. Biotechnology and Applied Phycology (Richmond, A., ed). **Blackwell Science**, Oxford, 2004. 312-351p.
- BEGUM, H.; YUSOFF, F.; BANERJEE, S.; KHATOON, H.; SHARIFF, M. Availability and utilization of pigments from microalgae. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 56, p. 2209-2222, 2016. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.764841h>
- BENEMAN, J.R. Microalgae products and production: An overview. **Developments in Industrial Microbiology**, v. 31, n. 5, p. 247-256, 1990.
- BENEMANN, J. R. Microalgae biomass and biofuels economics. International microalgae and biofuels workshop. **Brazilian Network on Green Chemistry**. Anais. Fortaleza, Brazil. 2010
- BRASIL Lei 11.959/2009. Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável da Aquicultura e da Pesca. Regula as atividades pesqueiras. **Diário Oficial da União Seção 1 Atos do Poder Legislativo** pág 1-3. 30 de junho de 2009.

BRENNAN, L.; OWENDE, P. Biofuels from microalgae- A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.14, n. 2. p. 557-577, 2009.

BRENNAN, L. & OWENDE, P. (2010). Biofuels from microalgae - a review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. **Renewable Sustainable Energy Reviews**, v. 14, p. 557–77.

BROWN, M. R. et al. Nutritional properties of microalgae for mariculture. **Aquaculture**, v. 151, n. 1-4, p. 315-331, 1997.

CAI, T.; PARK, S. Y.; LI, Y. Nutrient recovery from wastewater streams by microalgae: Status and prospects. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 19, p. 360-369, 2013.

CHISTI, Y. Biodiesel from microalgae. **Biotechnology Advances**, v. 25, n. 3, p. 294-306, 2007. ISSN 0734-9750.

CHISTI, Y. Biodiesel from microalgae beats bioethanol. **Trends in Biotechnology**, v. 26, n. 3, p. 126-131, 2008.

CIFERRI, O.; TIBONI, O. The biochemistry and industrial potencial of Spirulina. **Annals Ver. Microbiology**, v.39, p.503-526, 1985.

COLLA, L.M. et al. Fatty acids of *Spirulina platensis* grown under different temperatures and nitrogen concentrations. **Zeitschrift für Naturforschung**, v.59c, p.55-59, 2004.

COSTA, J.A.V.; MORAIS, M.G. The role of biochemical engineering in the production of biofuels from microalgae. **Bioresource Technology**, v. 102, p. 2-9, 2011.

COSTA REZENDE, Priscila; MATA OLIVEIRA, Igor da. Descrição socioeconômica dos pescadores no baixo São Francisco, Nordeste-Brasil. **RDE-Revista de Desenvolvimento Econômico**, 2015.

DAMASO, M. C. T; MACHADO, C. M. M.; RODRIGUES, D. S.; BELEM, S. G; SALUM, T. F. C. Bioprocesses for biofuels: an overview of the Brazilian case. **Chemical and Biological Technologies in Agriculture**, v. 1, n.6, p.1–8, 2014.

DEMIRBAS, A. Biodiesel from oilgae, biofixation of carbon dioxide by microalgae: A solution to pollution problems. **Applied Energy**, v. 88, p. 3541 – 3547, 2011.

DE OLIVEIRA, Rafael C. O panorama da aqüicultura no Brasil: a prática com foco na sustentabilidade. **Revista INTERTOX de toxicologia, risco ambiental e sociedade**, 2015, 2.1.

DESROSIERS, C.; LEFLAIVEA, J.; EULINB, A.; TENRHAGEA, L. Bioindicators in marine waters: Benthic diatoms as a tool to assess water quality from eutrophic to oligotrophiccoastal ecosystems. **Ecological indicators**, v. 32, p. 25–34, 2013.

DILLON, J.; PHUC, A. P.; DUBACQ, J. P. Nutritional value of the alga Spirulina. **Plants in Human Nutritions**, v.77, p.32-46, 1995.

DO NASCIMENTO, Maria do Socorro Viana; SASSI, Roberto. Análise da atividade pesqueira e das condições socioeconômicas dos pescadores artesanais de Cajueiro da Praia, Estado do Piauí, Brasil. **Gaia Scientia**, v. 1, n. 2, 2007.

DURAND-CHASTEL, H. Production and use of Spirulina in México. In: SHELEF, G.; SOEDER, C.J. Algae biomass. Amsterdam: **Elsevier/North-Holland Biomedical Press**, 1980. p.51-64.

EVANGELISTA-BARRETO, Norma Suely et al. Indicadores socioeconômicos e percepção ambiental de pescadores em São Francisco do Conde, Bahia. **Boletim do Instituto da Pesca, São Paulo**, v. 40, n. 3, p. 459-470, 2014.

FIGUEIREDO, P. G.; TANAMATI, F. Y. Adubação orgânica e contaminação ambiental. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.5, p.1-4, 2010.

GILL, I.; VALIVETY, R. Polyunsaturated fatty acids, part 1: occurrence, biological activities and applications. **Trends in Biotechnology**, n.15, p.401-409, 1997.

GOUVEIA, L., BATISTA, A. P, RAYMUNDO, A. & BANDARRA, N. Spirulina maxima and Diacronema vlkianum microalgae in vegetable gelled desserts. **Nutrition & Food Science**, 38, 492 – 501, 2008.

HODAIFA, G.; SÁNCHEZ, S.; MARTÍNEZ, M. E.; ÓRPEZ, R. Biomass production of *Scenedesmus-obliquus* from mixtures of urban and olive-oil mill wastewaters used as culture medium. **Applied Energy**, v. 104, p. 345–352, abr. 2013.

IYOVO, G. D.; DU, G.; CHEN, J. Sustainable Bioenergy Bioprocessing: Biomethane Production, Digestate as Biofertilizer and as Supplemental Feed in Algae Cultivation to Promote Algae Biofuel Commercialization. **Journal Microbial Biochemistry Technology**, v. 2, n. 4, p. 100–106, 2010.

KIEHL, E. J. Fertilizantes orgânicos. São Paulo: **Agronômica Ceres**. 1985. 492p.

LEAL, M. A. A. Produção e eficiência agronômica de compostos obtidos com palhada de gramínea e leguminosa para o cultivo de hortaliças orgânicas. **Seropédica**: UFRRJ, 2006. 133f. (Tese, Doutorado em Agronomia, Ciência do Solo).

LEITE, Marta CF; GASALLA, Maria A. A method for assessing fishers' ecological knowledge as a practical tool for ecosystem-based fisheries management: Seeking consensus in Southeastern Brazil. **Fisheries Research**, v. 145, p. 43-53, 2013.

LIMA, J. et al. Rede de cooperação no êxito de iniciativas voltadas para a utilização de composto orgânico na produção de hortaliças por pequenos agricultores em Camaçari-Ba. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 3, n. 3, p. 47-52, 2008.

LOURENÇO, S. O. Cultivo de microalgas marinhas: princípios e aplicações. São Carlos: **RiMa**, 2006. 606 p.

MARINHO-SORIANO, E. 2005. Cultivo experimental de Gracilaria no Rio Grande do Norte. pp. 115-124. In: **Anais da X Reunião Brasileira de Ficologia**. Salvador 2004. Rio de Janeiro, Museu Nacional. Série Livros 10.

MATA, T. M.; MARTINS, A. A.; CAETANO, N.S. (2010). Microalgae for biodiesel production and other applications: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.14, p. 217–232.

MERCADO, R.G. Inducción de productos bioactivos en la microalga marina Tetraselmis suecica. **Tesis Doctoral, Universidad de Santiago de Compostela, Departamento de Ingeniería Química**, Santiago de Compostela, 2011.

MILLEDGE, J. J. Commercial application of microalgae other than as biofuels: a brief review . **Reviews in Environmental Science and Biotechnology** , 10, 31-41, 2010.

MOSTAFA, S.S. Microalgal Biotechnology: Prospects and Applications. **Plant Science** , 276-312, 2012.

MULLER-FEUGA, A. Microalgae for aquaculture. In: RICHMOND, A. (Ed). Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology. Oxford: **Blackwell Science**, 2004. p.352–364.

OLAIZOLA, M. Commercial development of microalgal biotechnology: from the test tube to the marketplace. **Biomolecular Engineering**, v.20, p.459-466, 2003.

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. João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba, 2008. **Dissertação de mestrado**.

OLIVEIRA, L. B. de.; ACCIOLY, A. M.A.; SANTOS, C. L. R. dos.; FLORES, R. A.; BARBOSA, F. S. Características químicas do solo e produção de biomassa de alface adubada com compostos orgânicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.2, p.157–164, 2014. ISSN 1807-1929.

PITTMAN, J. K.; DEAN, A. P.; OSUNDEKO, O. The potential of sustainable algal biofuel production using wastewater resources. **Bioresource Technology**, v. 102, n. 1, p. 17-25, 2011.

PRINGSHEIM, E. G. 1946. Pure cultures of algae. Cambridge, **Univ. Press**, London, 119 p.

PULZ, O.; GROSS, W. Valuable products from biotechnology of microalgae. **Applied Microbiology Biotechnology**, v.65, p.635-648, 2004.

RAWAT, R.; RANJITH KUMAR, T.; MUTANDA, F. (2013). Biodiesel from microalgae: A critical evaluation from laboratory to large scale production. **Applied Energy**, v. 103, p. 444–467.

RICHMOND, A. (ed). Handbook of Microalgal Culture. Biotechnology and Applied Phycology. **Blackwell Science**, Oxford, 2004. 566p

ROSA, M. J. S. Aproveitamento integral dos resíduos da filetagem de tilapia e avaliação do impacto econômico. 2009. 69 p. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP.

SANTOS, Paula Verônica Campos Jorge et al. PERFIL SÓCIOECONÔMICO DE PESCADORES DO MUNICÍPIO DA RAPOSA, ESTADO DO MARANHÃO. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 6, n. 1, 2011.

SANTOS, Everson Cardoso dos; SAMPAIO, Cláudio Luis Santos. A Pesca Artesanal na Comunidade de Fernão Velho, Maceió (Alagoas, Brasil): de Tradicional a Marginal. **RGCI**, Lisboa, v. 13, n. 4, p. 413-424, dez. 2013. Disponível em <http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1646-88722013000400009&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 09 nov. 2018. <http://dx.doi.org/10.5894/rgci428>.

SANTOS, B. A. F. B. e GARCIA, L. C. Microalgas: Alternativas Promissoras para a Indústria. **Embrapa Agroenergia**, v. 4, n. 10, 2016.

SEBRAE - Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Aquicultura no Brasil. Rio de Janeiro: **SEBRAE, 2015** (Série estudos mercadológicos).

SILVA, F.C.; COSTA, F.O.; ZUTIN, R.; RODRIGUES, L.H.; BERTON, R. S.; SILVA, A.E.A. Sistema especialista para aplicação do composto de lixo urbano na agricultura. Campinas: TREDICI, M. Photobioreactors In: FLICKINGER, M. C.; DREW, S. W. **Encyclopedia of bioprocess technology: fermentation, biocatalysis, and bioseparation**. New York: Wiley & Sons, 1999. p.395-419.

VALE, Sabrina Deise Pereira; DA COSTA, Franklin Roberto. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS DAS ASSOCIAÇÕES DA COLÔNIA DE PESCADORES E AQUICULTORES DO MUNICÍPIO DE APODI-RN. **HOLOS**, v. 4, p. 236-252, 2018.

VAZ, B. S.; MOREIRA, J. B.; MORAIS, M. G.; COSTA, J. A. Microalgae as a new source of bioactive compounds in food supplements. **Current opinion in Food Science**, 7, 73-77, 2016.

WANGEN, Dalcimar Regina Batista; FREITAS, Isabel Cristina Vinhal. Compostagem doméstica: alternativa de aproveitamento de resíduos sólidos orgânicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 5, n. 2, 2010.

WILLIAMS, P. J. L. B. j LAURENS, L. M. L. Microalgae as biodiesel & biomass feedstocks: Review & analysis of the biochemistry, energetics & economics. **Energy & Environmental Science**, v. 3, n. 5, p. 554, 2010. **Embrapa Informática Agropecuária**, 2002. 40 p.: il. (Documentos/ Embrapa Informática; 22).

SEMIÃO, F.J. Produção de biodiesel a partir da microalga *Chlorella protothecoides* em cultivo autotrófico e heterotrófico em simultâneo com troca simbiótica de correntes

gasosas em circuito fechado. **Dissertação de Mestrado em Engenharia Biológica**, Instituto Superior Técnico , Lisboa, 2013.

SODRÉ, Federica Natasha Ganança Abreu dos et al. Um panorama da aqüicultura como alternativa sócio-econômica as comunidades tradicionais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 3, n. 3, p. 13-23, 2008.

SOUZA, F.A. de; AQUINO, A.M. de; RICCI, M. dos S.F.; FEIDEN, A. Compostagem. Seropédica: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - **Embrapa Agrobiologia**, 11 p., 2001 (Boletim Técnico, no 50).

TEIXEIRA, L.B. et al. Processo de compostagem, a partir de lixo orgânico urbano, em leira estática com ventilação natural. Belém: **Embrapa**, 2004, 8 p. (Circular Técnica, 33).

TORRES, M. A.; BARROS, M. P.; CAMPOS, S. C. G.; PINTO, E.; RAJAMANI, S.; SAYRE, R. T.; COLEPICOLO, P. Ecotoxicology and Environmental Safety Biochemicalbiomarkers in algae and marine pollution: A review. *Ecotoxicology and Environmental Safety* v. 71, p. 1–15, 2008.

TREDICI, M. Photobioreactors In: FLICKINGER, M. C.; DREW, S. W. **Encyclopedia of bioprocess technology: fermentation, biocatalysis, and bioseparation**. New York: Wiley & Sons, 1999. p.395-419.

VALE, Sabrina Deise Pereira; DA COSTA, Franklin Roberto. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS DAS ASSOCIAÇÕES DA COLÔNIA DE PESCADORES E AQUICULTORES DO MUNICÍPIO DE APODI-RN. **HOLOS**, v. 4, p. 236-252, 2018.

VAZ, B. S.; MOREIRA, J. B.; MORAIS, M. G.; COSTA, J. A. Microalgae as a new source of bioactive compounds in food supplements. **Current opinion in Food Science**, 7, 73-77, 2016.

WANGEN, Dalcimar Regina Batista; FREITAS, Isabel Cristina Vinhal. Compostagem doméstica: alternativa de aproveitamento de resíduos sólidos orgânicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 5, n. 2, 2010.

WILLIAMS, P. J. L. B . j LAURENS, L. M. L. Microalgae as biodiesel & biomass feedstocks: Review & analysis of the biochemistry, energetics & economics. **Energy & Environmental Science**, v. 3, n. 5, p. 554, 2010.

CAPÍTULO 1

Cultivo de Microalgas em Meio Alternativo e de Baixo Custo Enriquecido com Resíduos de Compostagem: Uma Proposta para Melhoria de Vida dos Pescadores da Paraíba

Marcos Aversari*, Brenda Luany Almeida do Nascimento, Nathália Correia Martins, Reinaldo Farias Paiva de Lucena, Kallyne Machado Bonifácio.

Artigo submetido à Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade (ISSN 2359-1412)

Cultivo de Microalgas em Meio Alternativo e de Baixo Custo Enriquecido com Resíduos de Compostagem: Uma Proposta para Melhoria de Vida dos Pescadores da Paraíba

Marcos Aversari*, Brenda Luany Almeida do Nascimento, Nathália Correia Martins, Reinaldo Farias Paiva de Lucena, Kallyne Machado Bonifácio.

Universidade Federal da Paraíba. Centro de Ciências Exatas e da Natureza. PRODEMA
UFPB – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Campus I. João
pessoa- PB (CEP 58051-900). *E-mail: marcosaversari@yahoo.com.br.

Resumo

As microalgas são elementos essenciais em diversas aplicações, incluindo a produção de biomassa e o uso como alimento para aquicultura, já que são a base da cadeia alimentar marinha. Tais algas podem ser cultivadas em vários ambientes, desde que contem com a presença do meio de cultivo adequado para seu desenvolvimento. No entanto, meios de cultivo naturais nem sempre estão disponíveis, fazendo necessário o emprego de métodos artificiais para o cultivo. Existem diversos meios de cultivo artificiais disponíveis, porém, nenhum apresenta baixo custo. Esta pesquisa se propõe a elaborar e testar meios de cultivo artificiais para três espécies de microalgas marinhas (*Isochrysis* sp., *Chaetoceros* sp. e *Tetraselmis* sp.), sendo estes de baixo custo e produzidos a partir de água marinha artificial e água de descarte de dessalinizador enriquecidas com resíduos de compostagem. Os meios de cultivo propostos foram elaborados, sendo realizados testes e coletados os resultados referentes à evolução das populações nos mesmos. A microalga *Isochrysis* sp. apresentou os melhores resultados, em meio artificial elaborado a partir de água de descarte de dessalinizador, com uma densidade celular máxima de $108,7 \times 10^4$ cel/mL atingida no 18º dia de cultivo. Já a *Chaetoceros* sp. apresentou a maior explosão de crescimento, atingindo o pico de 87×10^4 cel/mL no 6º dia de cultivo. Foi portanto, validada a viabilidade dos meios de cultivo artificiais enriquecidos com extrato de compostagem para o cultivo de microalgas, podendo ser aplicado como alimento em diversas modalidades de aquicultura, como também ser utilizado para a melhoria da qualidade de vida das comunidades pesqueiras do Estado da Paraíba.

Palavras chave: Microalgas, pescadores, meio de cultivo, artificial.

Abstract

Microalgae are essential elements in many applications, including biomass production and use as food for aquaculture, as they form the basis of the marine food chain. Such algae can be grown in various environments, provided that it contains the appropriate culture medium for its development. However, natural culture media are not always available, implicating in the use of artificial methods for cultivation. There are several artificial cultivation methods available, but none of them are inexpensive. This research proposes to elaborate and test artificial culture media for three species of marine microalgae (*Isochrysis* sp., *Chaetoceros* sp. and *Tetraselmis* sp.), these being low cost and produced from artificial marine water and desalinator discard water enriched with compost residues. The proposed means of cultivation were elaborated, being carried out tests and collected the results referring to the evolution of the populations in the same ones. The microalgae *Isochrysis* sp. presented the best results in an artificial medium made from desalinator discard water, with a maximum cell density of 108.7×10^4 cells/mL reached on the 18th day of culture. Also *Chaetoceros* sp. showed the highest growth burst, reaching the peak of 87×10^4 cells/mL on the 6th day of culture. Therefore, the viability of the artificial culture media enriched with compost extract for the cultivation of microalgae was validated, being able to be applied as food in diverse aquaculture modalities and to be used to improve the quality of life of the fishing communities of Paraíba State.

Key words: Microalgae, fishers, culture medium, artificial.

Introdução

As microalgas são de grande importância na dieta alimentar na fase inicial da aquicultura, ou seja a da fase larval de camarões, lagostas, ostras, peixes e diversas espécies de interesse econômico, pois esta é a fase em que as larvas devem receber toda a atenção tanto sobre o ponto de vista alimentar quanto das condições biológicas da água (LOURENÇO, 2006).

Um dos motivos que potencializam o cultivo de microalgas, é que as mesmas podem ser cultivadas em solos inadequados para a aquicultura e agricultura, ou em terras inóspitas como os desertos, utilizando água salobra e ou água de descarte da dessalinização, processo que de acordo com sua composição, o meio de cultivo pode ser acrescentado aos nutrientes que limitam a cultura (MATA et al., 2010).

Neste sentido inúmeras pesquisas vem tentando definir quais as mais adequadas condições nutricionais para que se consiga o maior ganho na produção de bioprodutos pretendidos, sejam eles, lipídeos, carboidratos ou proteínas, já que o meio de cultivo é a parte mais cara do processo (BAUMGARTNER et al., 2013). Estas pesquisas vem sendo realizadas na busca por alternativas para a alimentação das microalgas com o uso de águas residuais de estações de tratamento de esgoto doméstico (BHATNAGAR et al., 2011), e águas residuais de atividades do setor industrial e agropecuário (KUMAR, MIAO e WYATT, 2010).

Estes organismos podem multiplicar sua biomassa em períodos médios que variam de 2 a 5 dias atingindo altas concentrações, e com uma grande vantagem sobre as plantas terrestres, eles não precisam da aplicação de pesticidas, herbicidas ou fungicidas. Enquanto as plantas terrestres modificadas geneticamente ou não para duplicação de biomassa podem levar meses ou anos.

As microalgas para fabricarem proteínas gastam três vezes menos água do que fabricar a mesma quantia de proteína de soja que até o momento é a planta que tem a maior concentração deste nutriente (DISMUKES et al., 2008).

Sabendo que a maior parte dos custos para cultivar microalgas são as fontes de nutrientes, este trabalho tem como objetivo analisar três meios de cultivo (água marinha natural, água marinha artificial e água de descarte de dessalinizador), enriquecidos com nutrientes de compostagem, para o desenvolvimento de três espécies de microalgas marinhas (*Chaetoceros* sp., *Isochrysis* sp., e *Tetraselmis* sp.) a fim de demonstrar a implicação socioeconômica desse cultivo como fonte de renda alternativa para as comunidades de pescadores do Estado da Paraíba e suas famílias, que se encontram

economicamente marginalizados, em situação de pobreza e com poucas alternativas profissionais, tornado-se excluídos da sociedade (Do Nascimento et al., 2007).

Material e métodos

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Estudos Ambientais (LEA), do Centro de Ciências Exatas e da Natureza, da Universidade Federal da Paraíba, no período de junho a dezembro de 2017. As cepas das três microalgas cultivadas para realização do experimento, *Chaetoceros* sp., *Isochrysis* sp. e *Tetraselmis* sp., todas de ambiente marinho, foram doadas pelo Laboratório de Fitoplâncton, da Universidade Federal de Pernambuco.

Chaetoceros sp. é uma microalga unicelular de ambiente marinho que pertence à classe *Bacillariophyceae*, ordem *Centrales* e família *Chaetoceraceae* (HOEK et al., 1995). Diatomáceas como são conhecidas as microalgas desta classe, são as encarregadas por 25% da produção primária do nosso planeta sendo também, as maiores produtoras de biomassa (RAVEN et al., 2001).

Isochrysis sp. é uma microalga unicelular de ambiente marinho que pertence à classe *Prymnesiophyceae*, ordem *Isochrysidales* e família *Isocrysidaceae* (HOEK et al., 1995; TOMASELLI, 2004). Esta alga, é muito utilizada na aquicultura por ser rica em ácidos graxos poliinsaturados, oferecendo componentes nutricionais de grande importância para alimentação de moluscos, crustáceos e peixes na fase inicial de crescimento (LOURENÇO, 2006; WOOD, 1974).

Tetraselmis sp. é uma microalga de ambiente marinho, unicelular flagelada que pertence à classe *Prasinophyceae*, ordem *Chlorodendrales* e família *Chlorodendracea* (HOEK et al., 1995; TOMASELLI, 2004). Estas microalgas são utilizadas na fase inicial dos cultivos, como alimento para as larvas (LAING e AYALA 1990), podendo produzir seu alimento através da fotossíntese ou da quimiossíntese, alimentando-se de compostos orgânicos e inorgânicos, manifestando um bom crescimento (XIE et al., 2001).

Preparo das condições necessárias para a realização do cultivo

Inicialmente, foi montado um sistema de iluminação com duas lâmpadas fluorescentes de 40 W, 2700 lumens cada, com temperatura de cor de 6000 K, presas em um suporte horizontal, disposto a 60 cm acima da mesa onde os frascos contendo as microalgas e seus respectivos meios de cultivo foram colocados.

Depois, todo material utilizado no experimento: Erlenmeyers, pipetas, provetas e etc. foi lavado com água corrente e detergente neutro, em seguida colocado em banho com água sanitária e enxaguado em água corrente novamente, com o objetivo de descon-

taminação. A temperatura da sala de cultivo experimental foi mantida a 25 °C constantes, com iluminação em período integral.

Preparação das águas natural e artificial

A coleta de água marinha natural (AMN) foi feita na praia da Penha, localizada no município de João Pessoa, Paraíba, onde foi armazenada em baldes de 20 L com tampa, conduzidos para o laboratório onde permaneceram estocados no escuro por um período de 90 dias.

Ao término deste tempo, a água foi filtrada em papel de filtro qualitativo quadrado, em seguida mediu-se a salinidade que, no momento, era de 35‰, sendo então diluída com água destilada para que fosse atingido um índice de 27‰ de salinidade.

A água doce utilizada para a preparação da água marinha artificial (AMA) foi fornecida pela Companhia de Água e Esgoto da Paraíba (CAGEPA) e coletada na torneira do laboratório em baldes de 20 litros sem tampa que permaneceram armazenados no laboratório durante 48 h para que todo o cloro evaporasse. Em seguida foi feita a salinização com sal marinho virgem, sem a adição de iodo, fornecido pela empresa Cimsal - Com. e Indústria de Moagem e Refinação Sta. Cecília Ltda, do Estado do Rio Grande do Norte, até que o mesmo índice de salinidade de 27‰ da água marinha natural fosse atingido.

Um terceiro tipo de água também foi utilizada no experimento, foi a água de descarte do dessalinizador do Município de Cabaceiras, localizado a cerca de 180 km da capital João Pessoa.

A água foi coletada na saída de descarte do dessalinizador, em um garrafão de 20 L e transportada para o laboratório do LEA. Então, foi filtrada em papel de filtro qualitativo quadrado e foi verificada a salinidade de 8‰, sendo necessária a sua elevação para 27‰ com sal marinho virgem, recebendo, este meio, o nome de (AMDD) ou água marinha de descarte de dessalinizador.

Preparação do meio nutriente

O meio para alimentar as microalgas foi preparado a partir do composto orgânico rico em nutrientes (Tabela 1), fornecido pela Empresa Paraibana de Abastecimento e Serviços Agrícolas (EMPASA), que foi diluído em AMA em baldes de 20 litros e permaneceu durante quatro dias para retirada do extrato nutriente. Ao fim deste período, este extrato foi fervido, filtrado e armazenado em balão volumétrico para ser fornecido às microalgas.

Tabela 1. Laudo de ensaios laboratoriais do composto orgânico utilizado, fornecido pela EMPASA.

ENSAIOS FÍSICO-QUÍMICO	UNIDADES	LIMITES DE QUANTIFICAÇÃO	RESULTADOS	ANÁLISES		MÉTODOS
				INÍCIO	FINAL	
Acido Humico	% m/m	0,1	8,8	18/01/17	18/01/17	IN03-2015 ⁽²⁾
Boro	mg/Kg B	5	553	12/01/17	12/01/17	EPA 3050B:1996/EPA30521996/EPA6010B:1996 ⁽¹⁾
Cálcio	mg/Kg Ca	5	3858	13/01/17	13/01/17	EPA 3050B:1996/EPA30521996/EPA6010B:1996 ⁽¹⁾
Carbono Orgânico	% C	0,01	9,49	18/01/17	18/01/17	MMAOF - MAPA ⁽³⁾
Cobre	mg/Kg Cu	0,3	11,0	12/01/17	12/01/17	EPA 3050B: 1996 ⁽¹⁾
Enxofre	% S	0,03	0,08	18/01/17	18/01/17	IN03-2015 ⁽²⁾
Ferro	mg/Kg Fe	0,5	2352,0	13/01/17	13/01/17	EPA 3050B:1996/EPA30521996/EPA6010B:1996 ⁽¹⁾
Fósforo	mg/Kg P	0,5	1252,6	13/01/17	13/01/17	EPA 3050B:1996/EPA30521996/EPA6010B:1996 ⁽¹⁾
Magnésio	mg/Kg Mg	5	1074	13/01/17	13/01/17	EPA 3050B:1996/EPA30521996/EPA6010B:1996 ⁽¹⁾
Manganês	mg/Kg Mn	5	64	13/01/17	13/01/17	EPA 3050B: 1996 ⁽¹⁾
Molibdênio	mg/Kg Mo	5	26	12/01/17	12/01/17	EPA 3050B: 1996 ⁽¹⁾
Nitrogênio	% N	0,1	16,8	17/01/17	17/01/17	MMAOF - MAPA ⁽³⁾
pH	Unid. de pH	1,00	7,06	12/01/17	12/01/17	IN03-2015 ⁽²⁾
Potássio	mg/Kg K	5	1521	13/01/17	13/01/17	EPA 3050B:1996/EPA30521996/EPA6010B:1996 ⁽¹⁾
Silício	mg/Kg Si	5	103	12/01/17	12/01/17	EPA 3050B: 1996 ⁽¹⁾
Zinco	mg/Kg Zn	0,5	26,0	12/01/17	12/01/17	EPA 3050B:1996/EPA30521996/EPA6010B:1996 ⁽¹⁾

*NA: NÃO APLICÁVEL **ND: NÃO DETECTADO ***<LO: MENOR QUE O LIMITE DE QUANTIFICAÇÃO.

⁽¹⁾ EPA - Environmental Protection Agency - SW 846: Testing methods for evaluating solid wastes

⁽²⁾ MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA. INSTRUÇÃO NORMATIVA SDA Nº 28, DE 27 DE JULHO DE 2007. Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes Minerais, Orgânicos, Organo-Minerais e Corretivos. Brasília, DOU de 31 de julho de 2007.

⁽³⁾ Manual de Métodos Analíticos Oficiais para Fertilizantes e Corretivos - Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento Secretaria de Defesa Agropecuária Coordenação-Geral de Apoio Laboratorial Brasília 2013.

Cultivo

Após o preparo das águas e do meio nutriente foi iniciado o cultivo, onde foram utilizados 45 Erlenmeyers de 250 mL divididos em três grupos de 15 Erlenmeyers cada. No grupo I com AMN distribuídos em cinco réplicas para cada uma das espécies de microalgas, foi colocado 150 mL de água, 50 mL do meio nutriente e 2 mL de microalgas, sendo feito o mesmo processo do grupo I nos grupos II e III, com AMA e AMDD, também contando com cinco réplicas para cada espécie de microalgas.

A concentração inicial de cada espécie de microalgas, em números de densidade celular (DC), após a contagem na câmara de Neubauer, em microscópio óptico Olympus, foi a seguinte:

- *Chaetoceros* sp. $3,13 \times 10^4$ cel/mL
- *Isochrysis* sp. 2×10^4 cel/mL
- *Tetraselmis* sp. $1,60 \times 10^4$ cel/mL

O pH inicial verificado para AMN e AMA, foi de 8,2 já o pH da AMDD foi de 8,4. As contagens em câmara de Neubauer foram realizadas para acompanhamento do crescimento a cada 3 dias, representando a densidade celular média das 5 réplicas, compreendendo um período total de 30 dias, sendo o dia 0 a marca da inserção da concentração inicial das microalgas. O pH final verificado para AMN e AMA, foi de 8,5 e para AMDD foi de 8,8. Esta elevação gradual do pH, é explicado pelo aumento do número de células no cultivo.

Resultados

Água do mar natural (AMN)

A Figura 5 apresenta a comparação das médias de crescimento das microalgas em água do mar natural (AMN) de acordo com a sua espécie. O gráfico foi gerado a partir da comparação do crescimento médio apresentado em todas as réplicas de cada uma das espécies neste meio.

Se pode notar um comportamento de crescimento e decrescimento acelerado e linear da *Isochrysis* sp., sendo esta espécie a que apresentou desenvolvimento mais satisfatório. A espécie *Chaetoceros* sp. teve um comportamento médio em todas as suas réplicas de maior explosão inicial da população de forma linear e acelerada e após isso, decresceu de maneira similar, possivelmente devido a um maior consumo, de forma desordenada, da matéria orgânica nutriente presente no meio.

No que diz respeito ao comportamento da *Tetraselmis* sp., mesmo em um meio de cultivo natural, a AMN, a mesma apresentou crescimento lento e linear, consequentemente, atrasando o esgotamento de matéria orgânica nutriente no meio, resultando assim, num maior tempo de vida de sua população.

Comparação de crescimento das espécies [Água do mar]

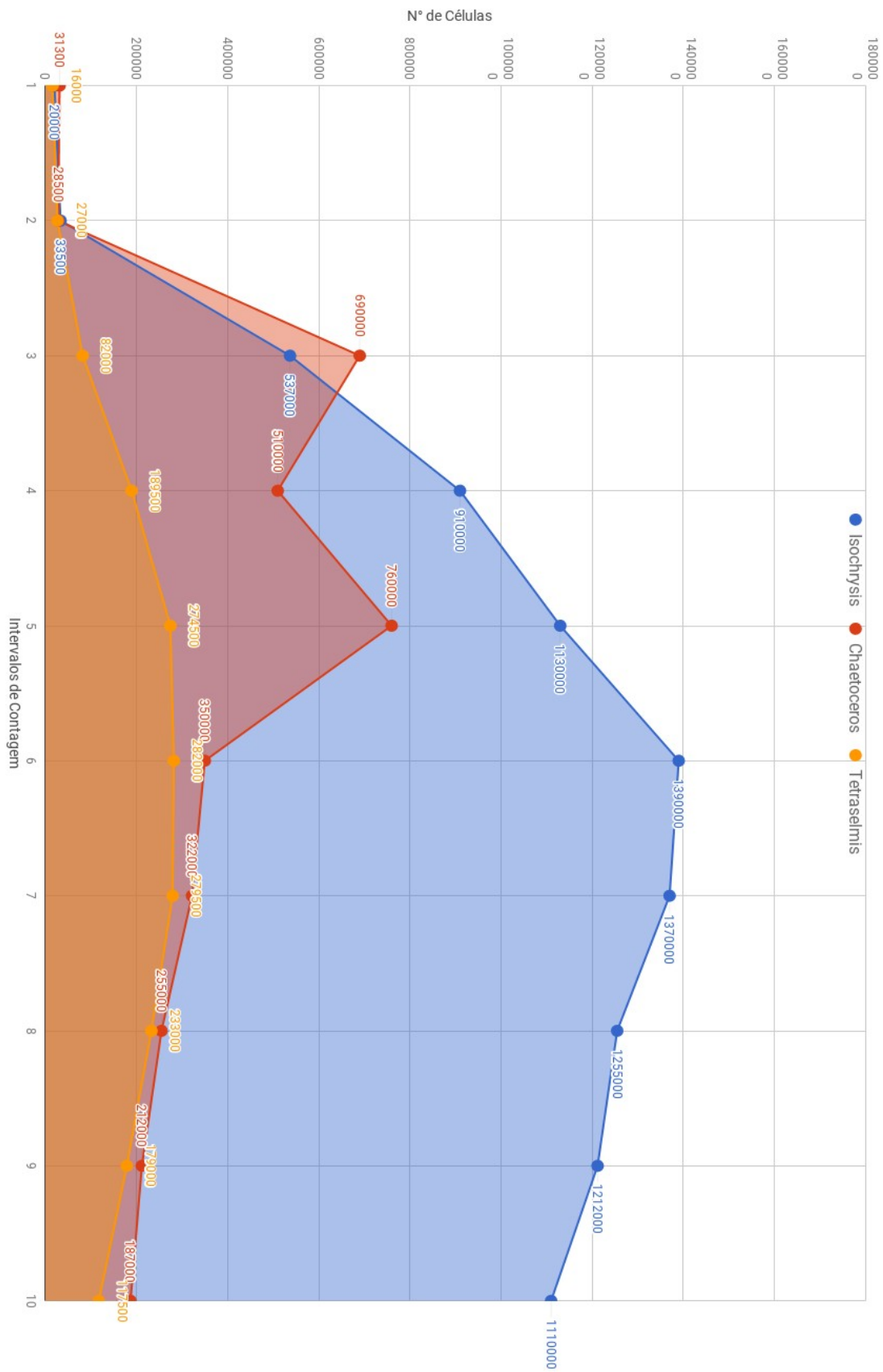


Figura 5. Comparação do crescimento das três espécies de microalgas na água do mar natural.

Água do mar artificial (AMA)

Na Figura 6 é possível visualizar as médias de crescimento das microalgas em água do mar artificial (AMA), preparada conforme anteriormente descrito. Se pode notar linearidade na rotina de crescimento e decrescimento da *Isochrysis* sp., apresentando um aumento acelerado da população inicialmente, até atingir um pico e decrescer linearmente, de maneira similar ao comportamento observado na AMN.

Já para a *Chaetoceros* sp., foi observado um rápido crescimento da população, seguido por um declive linearmente acelerado, outro fator importante a ser notado foi o maior decrescimento da população em relação as amostras dos intervalos de contagem 1 (concentração inicialmente inserida) e 2, provavelmente resultante do período de adaptação da microalga ao novo meio.

Tratando-se da espécie *Tetraselmis* sp., foi notado crescimento lento e linear, apresentando também um maior tempo de vida, à medida que a população total é menor, e o consequente esgotamento do meio, mais desacelerado.

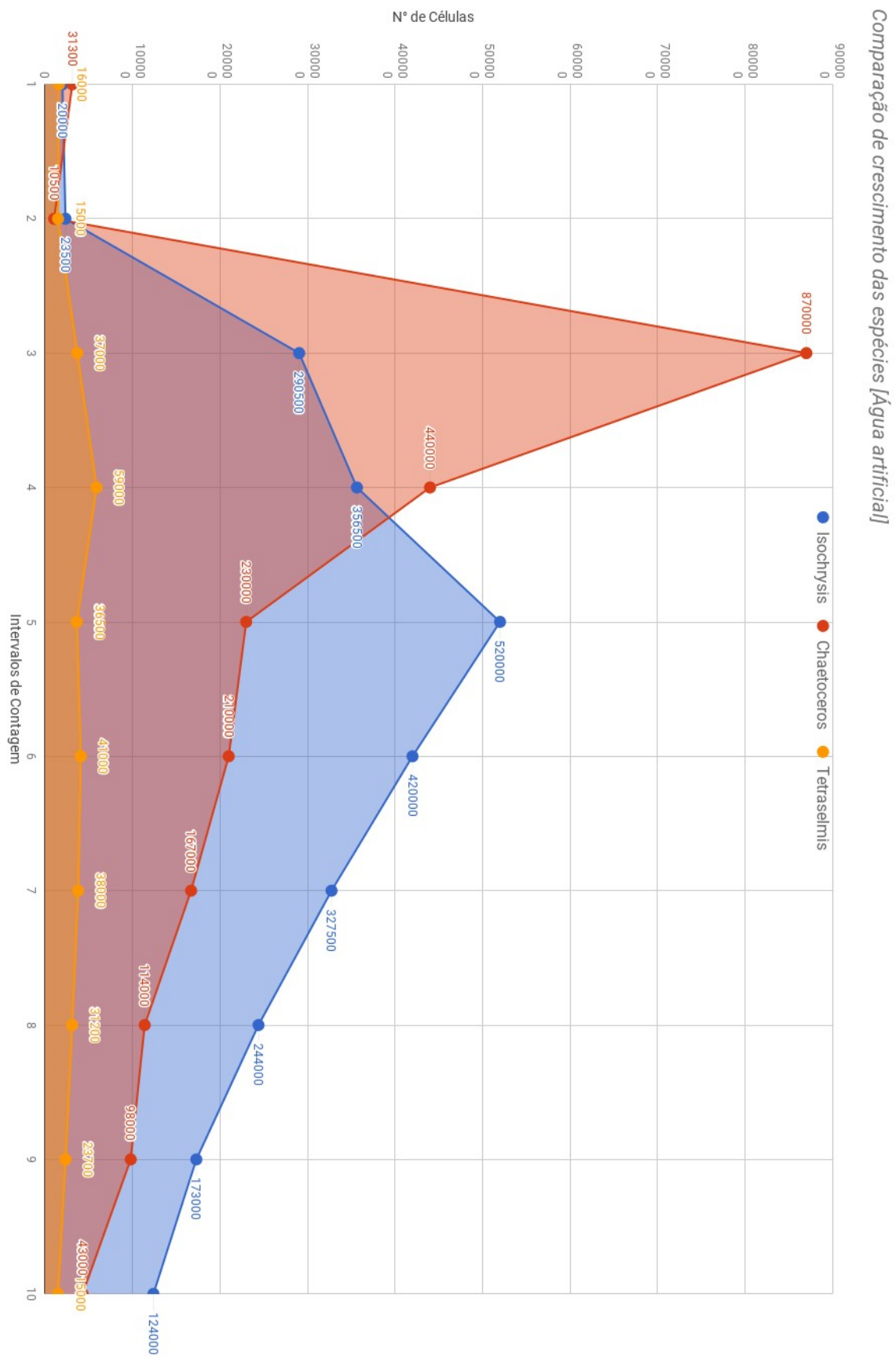


Figura 6. Comparação do crescimento das três espécies de microalgas na água do mar artificial

Água de descarte de dessalinizador (AMDD)

A Figura 7 apresenta o desempenho das espécies na água marinha de descarte de dessalinizador (AMDD), sendo o crescimento da *Isochrysis* sp. o mais acelerado, contando com um crescimento e decrescimento parabólico da população e com a obtenção de maiores números.

Tanto *Chaetoceros* sp. como *Tetraselmis* sp. mantiveram seu padrão de comportamento neste meio, de maneira bastante similar à AMN.

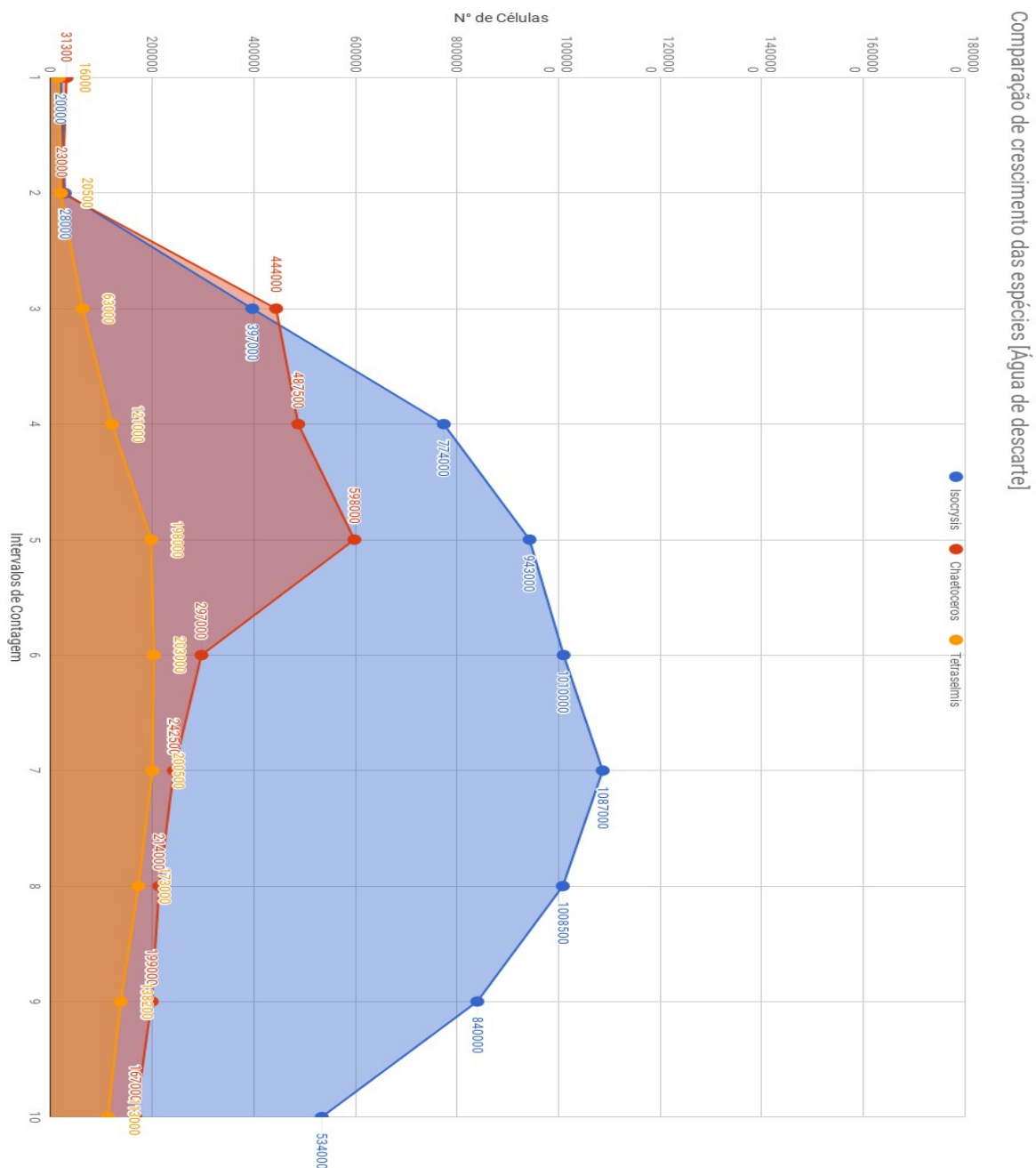


Figura 7. Comparação do crescimento das três espécies de microalgas na água marinha de descarte de dessalinizador.

Análise de crescimento das microalgas nos diferentes meios

No momento da comparação do crescimento de cada uma das espécies de microalgas nos diferentes meios de cultivo, foi notado que a *Isochrysis* sp. (Figura 8) apresentou desempenho satisfatório na AMDD, onde sua rotina de crescimento e quantidade populacional foram bastante semelhantes aos obtidos na AMN. Além disso, notou-se que apesar de obter menor número populacional, o cultivo desta microalga em AMA também constitui uma alternativa viável.

No que diz respeito ao comportamento da *Chaetoceros* sp. (Figura 9) foi observado crescimento satisfatório em AMDD, com evolução populacional similar ao percebido na AMN. A AMA novamente se mostra como outra alternativa, apresentando vasta explosão inicial da população, superando até mesmo o meio natural (AMN).

Para a *Tetraselmis* sp. (Figura 10) o meio que apresentou resultados mais satisfatórios e similares aos obtidos no meio natural foi a AMDD, contando com boa contagem populacional e tempo de vida estendido, sem descartar a possibilidade da realização do cultivo em AMA, apesar de apresentar resultados menos satisfatórios em tal meio.

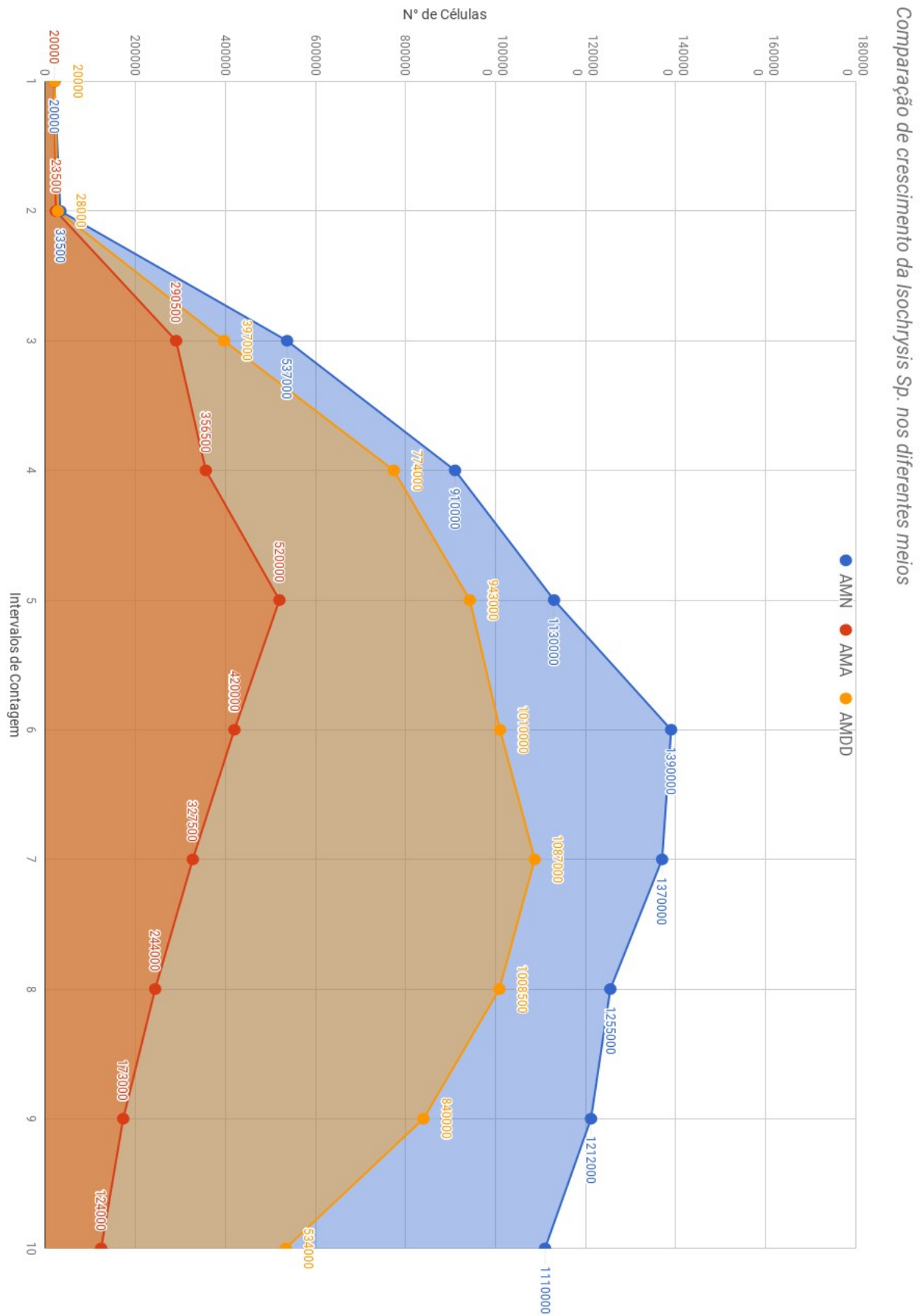


Figura 8. Comparação do crescimento da *Isochrysis* sp. nos diferentes meios experimentais.

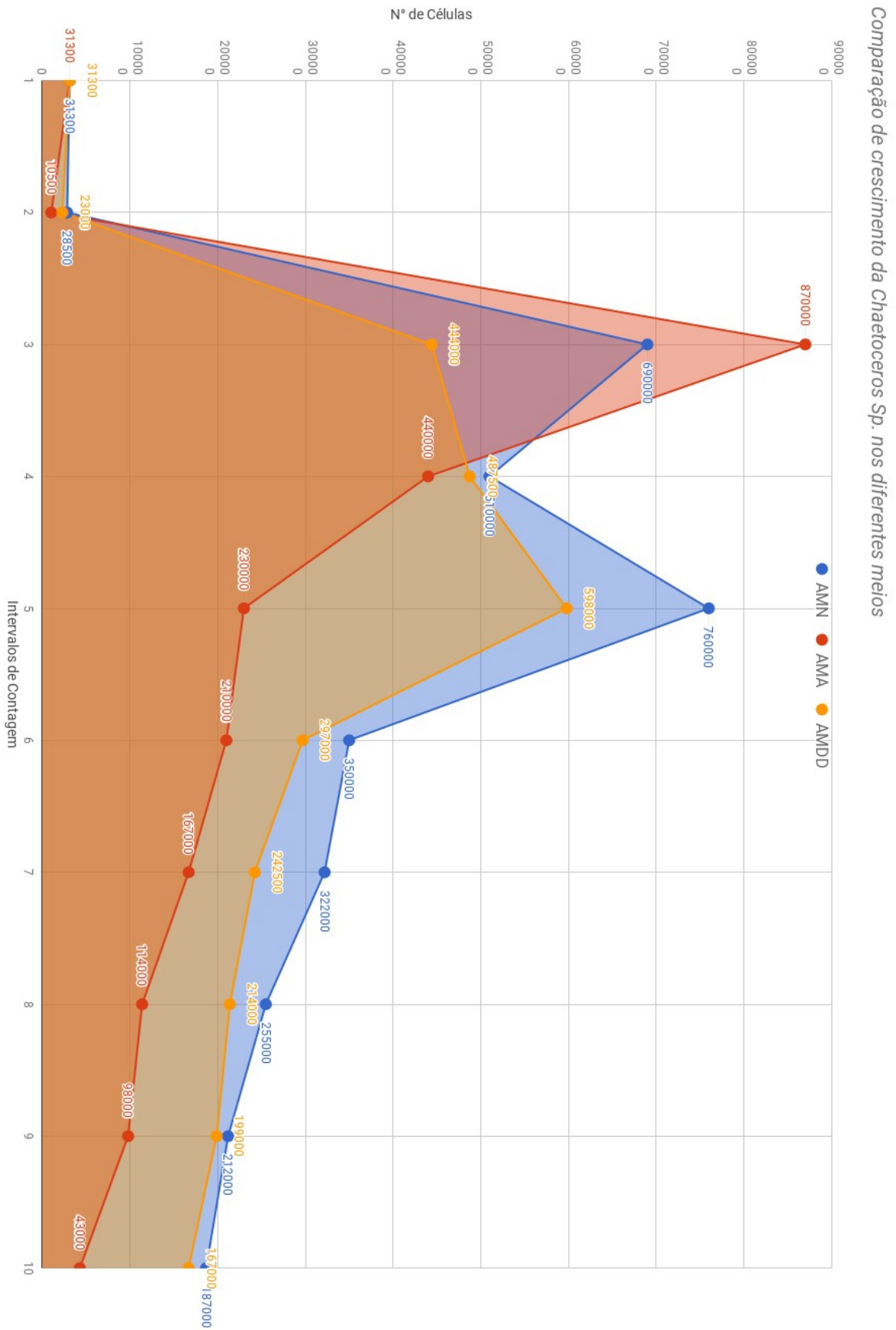


Figura 9. Comparação do crescimento da *Chaetoceros* sp. nos diferentes meios experimentais.

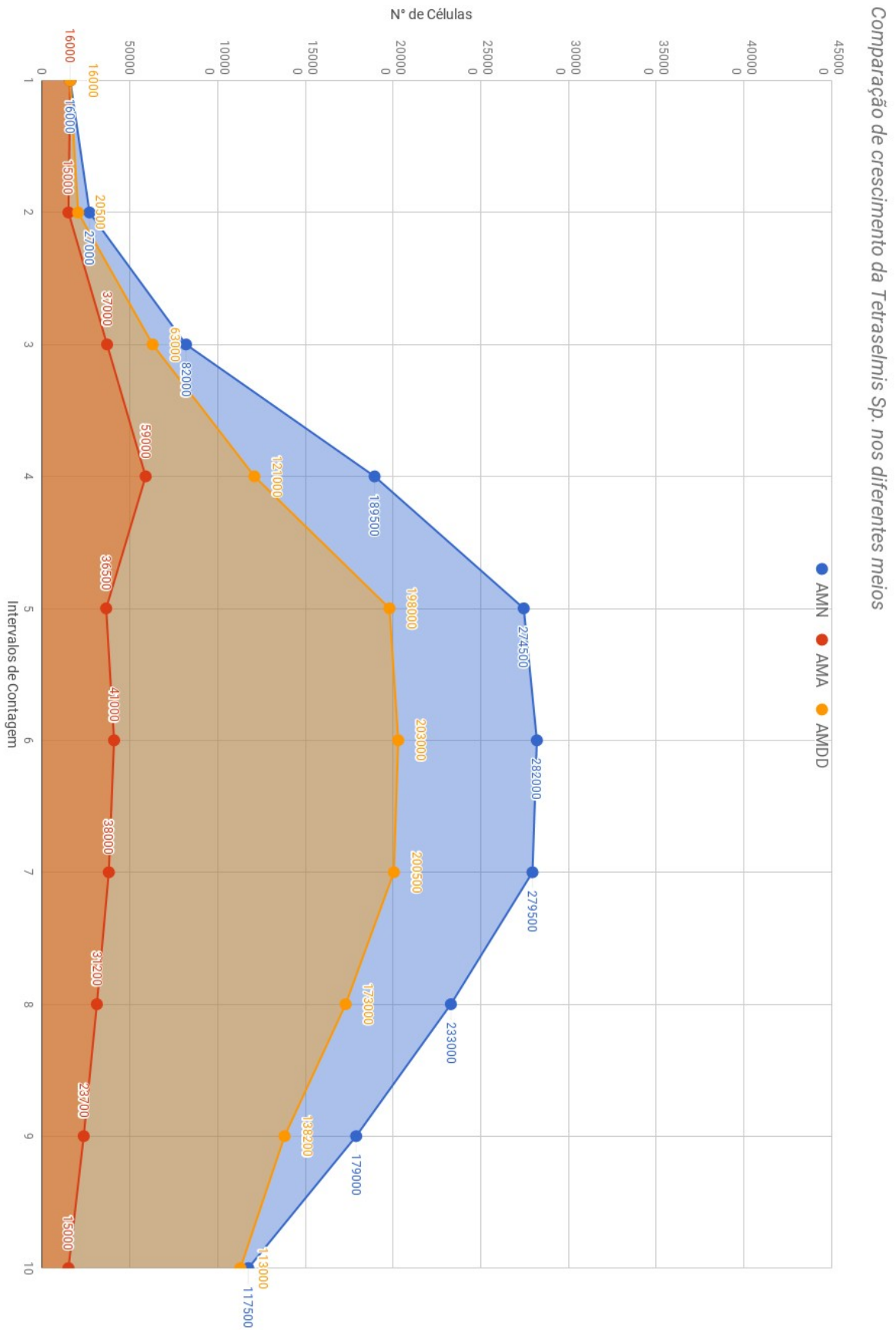


Figura 10. Comparação do crescimento da *Tetraselmis* sp. nos diferentes meios experimentais.

Discussão

O uso de composto orgânico constitui um meio nutricional alternativo para a aquicultura de microalgas, apresentando algumas vantagens, entre elas: baixo custo, ecologicamente sustentável e proporciona um rápido crescimento, semelhante ao induzido pelos meios comercialmente disponíveis, a exemplo do meio Conway, meio Guillard e meio Erd Schreiber.

A partir da análise físico-química do composto orgânico proveniente da EMPASA utilizado no presente trabalho (Tabela 1), nota-se que existem concentrações significativas de 15 elementos químicos e nutrientes como boro (B), cálcio (Ca), carbono (C), enxofre (S), cobre (Cu), ferro (Fe), fósforo (P), magnésio (Mg), manganês (Mn), molibdênio (Mo), nitrogênio (N), potássio (K), silício (Si) e zinco (Zn), além da presença do ácido húmico.

Reforçando o exposto por Sediya et al. (2000), que ao analisar quimicamente e quantitativamente os nutrientes presentes em compostos orgânicos de resíduos vegetais e dejetos suínos encontrou ao menos 15 tipos de nutrientes em quantidades variáveis (C, N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Mn, Cu, Al, Si, B, Mo), de maneira similar ao encontrado por Veras & Povinelli (2004) constataram quantidades significativas de 6 tipos de nutrientes (C, N, P, K, Ca, Mg) em composto orgânico de lixo urbano.

Sendo assim, consegue-se perceber que o composto orgânico obtido da EMPASA contém nutrientes importantes para o crescimento algal, também presentes nos meios de cultivo comercialmente disponíveis, no entanto, tais concentrações podem variar de um lote do composto para outro, dependendo dos resíduos orgânicos utilizados para a formação do mesmo.

A partir disto, foi possível realizar a comparação do crescimento algal das três espécies de microalgas utilizadas neste trabalho em meios alternativos (Tabela 2), enriquecidos com extrato de compostagem com outros trabalhos, que fizeram uso de meios tradicionais. Para tal, as comparações foram realizadas utilizando os melhores resultados do crescimento das microalgas, os quais foram obtidos no meio produzido com base na água marinha de descarte de dessalinizador (AMDD) enriquecida com extrato de compostagem.

Tabela 2: Comparação entre os resultados obtidos por autores no cultivo experimental.

	Espécies de microalgas		
Trabalho / Meio	<i>Isochrysis sp.</i>	<i>Chaetoceros sp.</i>	<i>Tetraselmis sp.</i>
Este estudo / AMDD + Composto	108,7 x 10 ⁴ cel/mL	87 x 10 ⁴ cel/mL	20,3 x 10 ⁴ cel/mL
OHSE, 2008 / Guillard	241,33 x 10 ⁴ cel/mL	140 x 10 ⁴ cel/mL	100 x 10 ⁴ cel/mL
VÉLEZ, 2016 / Fertilizantes	171,9 x 10 ⁴ cel/mL	124,7 x 10 ⁴ cel/mL	
SHEI, 2008 / AMA com sais comerciais		600 x 10 ⁴ cel/ml	
KLEIN, 1993 / AMN + Caldo de peixe			201 x 10 ⁴ cel/mL

Para a microalga *Isochrysis sp.*, Ohse et al. (2008) conduziu experimentos em condições similares de temperatura, iluminação e fotoperíodo integral, utilizando unicamente o meio de cultivo F/2 Guillard, onde foram realizadas contagens diárias da densidade celular média entre três réplicas, sendo obtida a densidade celular máxima (DCM) de 241,33 x 10⁴ cel/mL no 6° dia de cultivo.

Vélez (2016) utilizou dois tipos de fertilizantes agrícolas (Complefol e Stimufol), com propósito de obter maior densidade celular média em cultivos de pequena escala, diminuindo o tempo de produção e custo dos mesmos. Onde, em condições similares de temperatura e iluminação, obteve a DCM de 171,9 x 10⁴ cel/mL no 9° dia de cultivo.

Em comparação à DCM de 108,7 x 10⁴ cel/mL, obtida no 18° dia de cultivo no extrato de compostagem, em meio artificial elaborado a partir da água marinha de descarte de dessalinizador (AMDD), nota-se que o meio Guillard é mais eficiente, devido à sua maior completude em termos de nutrientes, no entanto, a AMDD enriquecida com compostagem também constitui alternativa viável para o cultivo algal de *Isochrysis sp.* e de baixo custo, quando comparada a outras soluções alternativas, a exemplo da proposta por Vélez (2016), onde se faz uso de fertilizantes agrícolas, nem sempre acessíveis.

Tanto a AMDD, como a água marinha artificial (AMA) enriquecida com extrato de compostagem, a qual apresentou DCM de 52 x 10⁴ cel/mL no 12° dia de cultivo constituem meios de cultivo viáveis para a *Isochrysis sp.*

Isso se deve ao constatado por Fábregas et al. (1994), que afirma que densidades da ordem de 10^4 são suficientes para promover o cultivo de microalgas, sendo assim, o meio extrato de compostagem surge como uma alternativa sustentável real para a produção do fitoplâncton.

No que diz respeito ao cultivo da microalga *Chaetoceros sp.*, Shei et al. (2008), utilizando diferentes tipos de água marinha artificial, preparadas a partir do uso de água doce com três marcas de sais para aquário marinho comercialmente disponíveis, obteve na água marinha artificial (AMA), por meio do uso de sais da marca Red Sea, a DCM de 600×10^4 cel/ml no 6º dia de cultivo, devido à elevada quantidade de nutrientes existentes nos compostos para aquarismo, material de difícil acesso e alto custo.

Experimentos de cultivo utilizando a microalga *Chaetoceros sp.* também foram conduzidos por Ohse et al. (2008), onde o meio F/2 Guillard foi utilizado para enriquecimento da água marinha, neste experimento foi constatada uma DCM de 140×10^4 cel/mL, atingida no 6º dia de cultivo.

Vélez et al. (2016) também realizou o cultivo da espécie *Chaetoceros sp.* fazendo o uso de água marinha enriquecida com compostos fertilizantes agrícolas. Neste estudo, foi obtida DCM de $124,7 \times 10^4$ cel/mL no 9º dia de cultivo.

O extrato de compostagem novamente se mostrou alternativa viável para o cultivo desta espécie, apresentando crescimento satisfatório tanto na AMDD, como na AMA enriquecidas com o extrato. Para a AMDD, foi constatada uma DCM de $59,8 \times 10^4$ cel/mL, a qual foi atingida no 12º dia de cultivo, com o fim da fase exponencial do crescimento. Já para a AMA, a DCM foi de 87×10^4 cel/mL, atingida no 6º dia de cultivo. Sendo novamente, comprovada a hipótese de viabilidade de cultivo afirmada por Fábregas et al. (1994).

No cultivo da microalga *Tetraselmis sp.*, Klein et al. (1993), utilizando o meio Erd-Schreiber como controle, sugeriu meios alternativos de cultura fazendo o uso de resíduos orgânicos provenientes de água de matadouro, vinhoto e caldo de peixe. Obtendo o melhor resultado com o meio preparado com caldo de peixe, na concentração de 5 ppm, o qual apresentou DCM de 201×10^4 cel/mL no 11º dia de cultivo, superando até mesmo o meio de controle, que apresentou DCM de 126×10^4 cel/mL no 9º dia de cultivo.

Ohse et al. (2008) também realizou experimentos de cultivo da espécie *Tetraselmis sp.*, utilizando como meio de cultivo F/2 Guillard em água marinha, obtendo uma DCM de

100 x 10⁴ cel/mL no 6° dia de cultivo, após o fim da fase exponencial de crescimento, seguido pela estabilização do mesmo.

Nos experimentos realizados no presente trabalho, utilizando AMDD e AMA enriquecidas com extrato de compostagem, foi obtida uma DCM de 20,3 x 10⁴ cel/mL para a AMDD, atingida no 15° dia de cultivo. Já para a AMA, foi encontrada DCM de 5,9 x 10⁴ cel/mL, no 9° dia de cultivo.

Apesar dos números menores de DCM apresentados pela espécie *Tetraselmis sp.* devido ao seu maior tamanho celular, o cultivo da mesma em meio artificial produzido a partir de extrato de compostagem também se mostrou viável, sempre atingindo contagens na casa dos 10⁴, acima da hipótese de viabilidade afirmada por Fábregas et al. (1994).

Perfil socioeconômico dos pescadores da Paraíba

Segundo Santos et al., (2011), Santos et al., (2013), Evangelista et al., (2014), Costa (2015), Vale et al., (2018), pescadores do nordeste, são grupos economicamente marginalizados, muito pobres e sem reconhecimento profissional, tornado-se excluídos da sociedade. Enfrentam uma exclusão cada vez maior produzida pela devastação do local de trabalho e pela insuficiência de estímulos externos (DO NASCIMENTO et al., 2007).

Acompanhando os dados relatados na literatura, os pescadores da Paraíba não se tornaram exceção:

Alves (2003) analisando os aspectos socioeconômicos dos catadores de caranguejo-uçá do estuário do Rio Paraíba-PB, Nordeste do Brasil, verificou que os 70 entrevistados eram homens, a faixa etária entre 17 a 60 anos, 46% eram analfabetos e 34% semianalfabetos, 81% habitavam moradias de taipa, 70% destas moradias não possuíam banheiro, diante deste fato os excrementos eram jogados diretamente no rio ou a céu aberto, 87% das casas tinham energia elétrica, mas 41% não tinham água encanada, 52% declarou não ter atendimento médico e 93% declarou renda menor que o salário mínimo vigente e eram obrigados a procurar outra fonte de renda que não fosse a pesca para sobreviver, pois os caranguejos estavam desaparecendo.

Nishida et al., (2008), traçaram os aspectos socioeconômicos de 15 famílias catadoras de moluscos do litoral paraibano, verificou que a média familiar era de 5,9 membros, a faixa etária variou entre 20 e 60 anos, a renda mensal informada foi menor que um salário mínimo, precisando ser completada com outras atividades, porque o marisco era pouco, mal dava para comer, 52,6% eram analfabetos, 62,4% viviam em

união estável, 93,3% possuíam casa própria feita de tijolo e telha com piso de cimento, 60% das casas não tinham banheiro, 46,7% não tinham sanitário, 86,6% dos dejetos e 40% do lixo era jogado diretamente no rio.

Ao entrevistar 37 pescadores de lagosta das praias do Seixas e da Penha, Oliveira et al., (2009) observaram que 100% eram homens, 35% a faixa etária variou entre 21 e 30 anos, 43% tinham o ensino fundamental completo, 27% o ensino médio, 22% o primário e 8% eram analfabetos, 57% eram solteiros, 19% casados, o rendimento mensal informado variou de R\$ 201,00 a R\$ 400,00, algumas moradias eram de tijolos, tinham água encanada mais sem saneamento básico, 51% relatou que precisa complementar a renda com atividades paralelas, porque a pesca era pouca.

Em seu trabalho com 45 marisqueiras do estuário do Rio Paraíba-PB, Silva et al., (2011) constataram que a faixa etária era entre 18 e 60 anos, 13,3% eram solteiras, 31,1% viviam em união estável, o numero de filhos era de 1 a 7, o rendimento mensal era de até um salário mínimo e necessitavam complementar a renda com outras atividades, pois a quantidade de mariscos estava diminuindo a cada dia, 100% das entrevistadas não concluíram o ensino médio, 88,9% possuíam casa própria, 11,1% moravam em casas alugadas ou de parentes, as casas eram de tijolos e telhas, piso de chão batido, sem saneamento básico, possuíam energia elétrica e água encanada e foram construídas em áreas de risco.

Ao fazer a Caracterização socioeconômica etnoictiológica dos pescadores artesanais do açude de Boqueirão, Paraíba, Sousa (2016), verificou que dos 35 entrevistados 25 eram homens e 10 mulheres, com faixa etária entre 24 e 70 anos, 51,42% possuíam o ensino fundamental incompleto, tinham de 2 a 5 filhos, 74,2% possuíam casa própria construída de alvenaria, 62,9% não possui água encanada, 45,7% possui fossa, 28,5% disseram que jogavam no lixo ou deixavam ao ar livre, 20% do lixo é coletado, 51,4% afirmou que o rendimento mensal variava de R\$ 80,00 a R\$ 300,00, 40% completavam a renda com outras atividades, devido a redução dos produtos da pesca.

O cenário relatado, que tem assolado as comunidades pesqueiras da Paraíba Nordeste do Brasil, justifica-se pelo acelerado crescimento populacional, bem como, a queda dos recursos naturais existentes, primordiais à sobrevivência humana, que gera impactos desfavoráveis nas áreas social, ambiental e econômica destas populações tradicionais (SODRÉ, 2008).

Fora estes motivos, existem outros que vem contribuindo com o afastamento dessa população de seu território, é a exploração imobiliária presente em todo litoral do Brasil, que se aproveita da fragilidade desta comunidade que se encontra marginalizada

socialmente, culturalmente e economicamente, retrato de um padrão de crescimento e desenvolvimento praticado no Brasil. A perda do lar para os grandes empreiteiros, leva estas populações varias vezes a perda de seus conhecimentos costumeiros e a mudanças nas áreas de pesca que frequentemente padecem com a poluição das águas por esgotos impossibilitando a pesca (ARAÚJO, 2017).

Sistema de cultivo proposto e implicação social

O sistema proposto para ser construído por comunidades pesqueiras, é do tipo aberto, pois são mais baratos para construir, sua operação é mais fácil e sua durabilidade é maior do que os fotobiorreatores fechados. Eles podem ter forma, tamanho, produto utilizado na construção e tipo de agitação e inclinação variados. Várias vezes, a construção destes é feita de acordo com a disponibilidade dos materiais encontrados na região (BECKER, 2004).

Este sistema será do tipo lagoa, o qual irá ser construído escavando-se o solo a uma profundidade de 30 cm para que ocorra penetração de luz vezes 5 metros de comprimento e 2 metros de largura, a qual será revestida com uma lona plástica branca, que ficará presa pelas bordas com a própria terra da escavação, formando um pequeno lago. Em seguida será colocada a água para encher o sistema, que poderá ser do mar, da torneira aditivada de sal virgem, de descarte de dessalinizador, de poço salinizada, etc.

Será instalada uma bomba submersa para que a água fique em movimento, depois a introdução do meio de cultivo (composto orgânico), em seguida serão acrescentadas as microalgas.

Estimativa de custo do sistema proposto:

Os valores utilizados para a estimativa de custos para implantar o cultivo de microalgas, foram obtidos em sites de confiança, EMPASA – Empresa Paraibana de Abastecimento e Serviços Agrícolas e o valor do kw/h de energia foi obtido no site da companhia elétrica ENERGISA – PB e se encontram na tabela 3.

Tabela 3: Estimativa de valores para a iniciar e manter o cultivo de microalgas no modelo proposto.

Materiais	Quantidades	Preços Unitários	Total Parcial
Lona plástica branca	(6m x 3m) = 18m ²	R\$ 6,00 m ²	R\$ 108,00
Bomba submersa 2000 L/h	1	R\$ 110,00	R\$ 110,00
Cabo para bomba submersa	10	R\$ 11,50 m	R\$ 115,00
Tomadas	2	R\$ 5,00 und.	R\$ 10,00
Energia	720 Kwh/mês	R\$ 0,15 Kwh	R\$ 108,00
Composto EMPASA	30/mês	R\$ 1,00 Kg	R\$ 30,00
Sal virgem	2/mês	R\$ 1,00 Kg	R\$ 2,00
Total para implantação e primeiro mês de operação			R\$ 483,00
Custo para operação mensal seguinte			R\$ 140,00

A partir do levantamento dos custos necessários para a implantação e manutenção do sistema de cultivo proposto, foi realizado o cálculo estimativo da produção e possíveis lucros a serem obtidos (ZARDO, 2011). Os resultados obtidos estão dispostos na tabela 4.

Tabela 4: Estimativa de lucros mensais obtidos pelo cultivo de microalgas.

Quantidade de biomassa seca produzida por m ³ a cada 9 dias (ZARDO, 2011)	0,14 Kg
Valor estimado de venda do Kg de biomassa seca de <i>spirulina</i> produzida (Pesquisa de mercado)	R\$ 580,00
Quantidade de biomassa seca produzida por mês	1,4 Kg
Valor bruto com a venda da biomassa seca	R\$ 812,00
Lucro mensal	R\$ 672,00

A utilização da técnica de cultivo desenvolvida no presente trabalho por ser de baixo custo, sustentável e simples execução, podendo ser realizada em qualquer tipo de solo, utilizar pouca quantidade de água que pode ser além da natural, salobra, de descarte da dessalinização e outros tipos, poderá ser desenvolvida em qualquer comunidade pesqueira ou não como alternativa de emprego, renda e sobrevivência, pois devido ao potencial biotecnológico das microalgas, ou seja servem como base alimentícia para diversas modalidades de aquicultura, além de serem matérias-primas para a produção de fármacos, geração de energia, biomassa e alimentação humana e animal,

estas poderão ser produzidos em escala, tanto para consumo, como para a venda nas mais diversas indústrias.

Além disso, existe a possibilidade do uso do composto orgânico ser produzido localmente para o enriquecimento do meio de cultivo, promover o uso sustentável de recursos, e de possuir custo baixíssimo. Podendo também, a sobreprodução deste composto ser vendida, gerando assim mais uma fonte de renda para as comunidades pesqueiras.

Conclusões

A partir da realização do presente trabalho, foi observada a viabilidade do cultivo das microalgas marinhas *Chaetoceros* sp., *Isochrysis* sp. e *Tetraselmis* sp. em meio artificial, de baixo custo, e enriquecido com extrato de compostagem, com resultados reprodutíveis e escaláveis, gerando um novo meio de possibilidades para o cultivo e consequente utilização das microalgas nas suas mais diversas finalidades.

À medida que comparado com outras pesquisas realizadas, este trabalho apresenta um diferencial no que diz respeito à viabilidade e fácil acesso aos meios de cultivo alternativos propostos, constituindo assim uma alternativa comprovadamente viável, sustentável e de baixo custo.

Nesse sentido, o cultivo de microalgas proposto pode ser estimulado nas mais diversas regiões e comunidades pesqueiras e ribeirinhas, mesmo que afastadas do meio marinho e independentemente do nível social regional, uma vez que para o cultivo das mesmas, não é preciso grandes volumes de água e terra, quando comparadas com a agricultura. Tal cultura pode se constituir como um reforço às economias locais, possibilitando desde a produção de biomassa, até o cultivo e comercialização de espécies com fins alimentares cujo crescimento depende dos nutrientes presentes nas microalgas, a exemplo de ostras, camarões e peixes.

REFERÊNCIAS

- ALVES, Rômulo Romeu da Nobrega; KIOHARU NISHIDA, Alberto. Aspectos socioeconômicos e percepção ambiental dos catadores de caranguejo-uçá *ucides cordatus cordatus* (L. 1763) (decapoda, brachyura) do estuário do rio mamanguape, nordeste do brasil. **INCI**, Caracas, v. 28, n. 1, p. 36-43, enero 2003 . Disponible en <http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442003000100006&lng=es&nrm=iso>. accedido en 09 nov. 2018.
- ARAÚJO, Ismael Xavier de. Comunidades tradicionais de pesca artesanal marinha na Paraíba: realidade e desafios. 2017. 204 f. Tese (Doutorado em Geografia) Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.
- BAUMGARTNER, T. R. S.; BURAK, J. A. M.; KOGIKOSKI, M. E.; SEBASTIEN, N. Y.; ARROYO, P. A. Avaliação da produtividade da microalga *Scenedesmus acuminatus* (Lagerheim) Chodat em diferentes meios de cultivo. **Revista Brasileira de Biociência**, v. 11,n. 2, p. 250-255, 2013.
- BECKER, E. W. Microalgae in human and animal nutrition. In: Handbook of Microalgal Culture. Biotechnology and Applied Phycology (Richmond, A., ed). **Blackwell Science**, Oxford, 2004. 312-351p.
- BHATNAGAR, A.; CHINNASAMY, S.; SINGH, M.; DAS, K. C. Renewable biomass production by mixotrophic algae in the presence of various carbon sources and wastewaters. **Applied Energy**, v. 88, n. 10, p. 3425-3431, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.12.064>
- COSTA REZENDE P, MATA OLIVEIRA I. Descrição socioeconômica dos pescadores no baixo São Francisco, Nordeste-Brasil. **RDE-Rev Desenvol Econômico** 2015; 12:671-689.
- DISMUKES, G. C., CARRIERI, D., BENNETTE, N., ANANYEV, G. M., POSEWITZ, M. C., Aquatic phototrophs: efficient alterbatives to land based crops for biofuels. **Current Opinion in Biotechnology**, 19:235-240, 2008.
- EVANGELISTA-BARRETO, N. S.; DALTRO, A. C. S.; SILVA, I. P.; BERNARDES, F. S. Indicadores socioeconômicos e percepção ambiental de pescadores em São Francisco do Conde, Bahia. **Boletim do Instituto da Pesca**, São Paulo, v. 40, n. 3, p. 459-470, 2014. ISSN 0046-9939.
- FÁBREGAS, J., FERRÓN, L., GAMALLO, Y., VECINO, E., OTERO, A., & HERRERO, C. Improvement of growth rate and cell productivity by aeration rate in cultures of the marine microalga *Dunaliella tertiolecta*. **Bioresource technology**, 48(2), 107-111,1994.
- HOEK, V. D.; MANN, D. G.; JAHNS, H. M. Algae: an introduction to phycology. **Cambridge University Press**, Cambridge, UK, 623pp. 1995.
- KLEIN, V. L. M.; GONZALEZ, A. A. Cultivo da microalga *Tetraselmis chuii* Prings em diferentes meios de cultura. **Ciên. Agron.**, Fortaleza, v. 24, n. 1/2, p. 91-100, 1993.

KUMAR, M. S.; MIAO, Z. H.; WYATT, S. K. Influence of nutrient loads, feeding frequency and inoculum source on growth of *Chlorella vulgaris* in digested piggery effluent culture medium. **Bioresource Technology**, v. 101, n. 15, p. 6012-6018, 2010. ISSN 0960-8524.

LAING, I.; AYALA, F. Commercial mass culture techniques for producing microalgae. In: Akatsuka, I ed. Introduction to applied Phycology. **SPB, The Hague, The Hague, Netherlands**, p.447-477. 1990.

LOURENÇO, S. O. Cultivo de microalgas marinhas: princípios e aplicações. São Carlos: **RiMa**, 2006. 606 p.

MATA, T. M.; MARTINS, A. A.; CAETANO, N.S. (2010). Microalgae for biodiesel production and other applications: a review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.14, p. 217–232.

NISHIDA, Alberto Kioharu; NORDI, Nivaldo; DA NÓBREGA ALVES, Rômulo Romeu. Aspectos socioeconômicos dos catadores de moluscos do litoral paraibano, Nordeste do Brasil. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 8, n. 1, 2008.

OHSE, S., DERNER, R. B., OZÓRIO, R. Á., DA COSTA BRAGA, M. V., CUNHA, P., Lamarca, C. P., & DOS SANTOS, M. E. Crescimento de microalgas em sistema autotrófico estacionário. **Biotemas**, 21(2), 7-18, 2008.

OLIVEIRA, P. A.; VENDEL, Ana Lúcia; CRISPIM, Maria Cristina Basílio. Caracterização socioeconômica e registro da percepção dos pescadores de lagosta das praias do Seixas e Penha, João Pessoa, PB. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 35, n. 4, p. 637-646, 2009.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. Biologia Vegetal. 6a ed. **Editora Guanabara Koogan**, Rio de Janeiro, Brasil, 906pp, 2001.

SANTOS, P. V. C. J., DA SILVA ALMEIDA-FUNO, I. C., PIGA, F. G., FRANÇA, V. L., TORRES, S. A., & MELO, C. D. P. PERFIL SÓCIOECONÔMICO DE PESCADORES DO MUNICÍPIO DA RAPOSA, ESTADO DO MARANHÃO. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, 6(1), 2011.

SANTOS, Everson Cardoso dos; SAMPAIO, Cláudio Luis Santos. A Pesca Artesanal na Comunidade de Fernão Velho, Maceió (Alagoas, Brasil): de Tradicional a Marginal. **RGCI**, Lisboa, v. 13, n. 4, p. 413-424, dez. 2013. Disponível em <http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1646-88722013000400009&lng=pt&nrm=iso>. acessos em 09 nov. 2018. <http://dx.doi.org/10.5894/rgci428>.

SEDIYAMA, Maria Aparecida Nogueira; GARCIA, Neusa Catarina Pinheiro; VIDIGAL, Sanzio Mollica; MATOS, Antônio Teixeira. Nutrientes em compostos orgânicos de resíduos vegetais e dejetos de suínos. **Scientia Agricola**, v.57, n.1, p. 185-189, Piracicaba, 2000.

SILVA, E. L. P. da; Conserva, M. de S.; Oliveira, P. Socioecologia do processo de trabalho das pescadoras artesanais do estuário do rio Paraíba, Nordeste, Brasil. **Ecologi@**, Lisboa, n. 3, p. 47-61, 2011.

SHEI, M. R. P., BARRETO, O. J. S., BONFANTE, T. M., & BASTOS, G. C. C. Cultivo da microalga marinha *Chaetoceros calcitrans* (BACILLARIOPHYCEAE) utilizando diferentes tipos de água marinha artificial. **Boletim Do Instituto de Pesca**, 34(4), 563-569, 2008.

SODRÉ, F. N. G. A. D., FREITAS, R. R. D., & REZENDE, V. L. F. M. Um panorama da aquicultura como alternativa sócio-econômica as comunidades tradicionais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, 3(3), 13-23, 2008.

SOUSA, M. R. V. Caracterização socioeconômica etnoictiológica dos pescadores artesanais do Açude de Boqueirão, Paraíba. 2016. <http://dspace.bc.uepb.edu.br/jspui/handle/123456789/14923>.

Spirulina pó 1 kg. Fazenda Tamanduá. Disponível em: <http://www.fazendatamandua.com.br/loja/produto/Spirulina-p%C3%B3-1-kg-.html>. Acesso em: 20 nov. 2018.

TOMASELLI, L. The microalgal cell. In: Richmond, A. (ed.). Handbook of microalgal culture: Biotechnology and applied Phycology. **Blackwell Publishing**, Oxford, USA, p. 3-19, 2004.

VALE, Sabrina Deise Pereira; DA COSTA, Franklin Roberto. ASPECTOS SOCIOECONÔMICOS DAS ASSOCIAÇÕES DA COLÔNIA DE PESCADORES E AQUICULTORES DO MUNICÍPIO DE APODI-RN. **HOLOS**, v. 4, p. 236-252, 2018.

VÉLEZ, R. P. P., GARCÍA, A. G. M., ZAMBRANO, E. M. M., & CHICA, J. C. V. Crecimiento de las microalgas *Chaetoceros gracilis* e *Isochrysis galbana* con fertilizantes agrícolas, en laboratorio. **La Técnica**, (16), 44-55, 2016.

VERAS, L.R.V & POVINELLI, J., A vermicompostagem do lodo de lagoas de tratamento de efluentes industriais consorciada com composto de lixo urbano. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.9, n.3, p. 218-224, Rio de Janeiro, 2004.

WOOD, J. M. Biological cycles for toxic elements in the environment. **Science**, v.183, p.1049- 1052, 1974.

XIE, J.; ZHANG, Y.; LI, Y.; WANG, Y. Mixotrophic cultivation of *Platymonas subcordiformis*. **Journal Applied Phycology**, 13:343-347, 2001.

ZARDO, Ivanor. Análise de viabilidade econômica da produção de biodiesel a partir de microalgas. Trabalho de Diplomação em Engenharia Química. 42 f. Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, 2011.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho demonstrou que o uso de meios de cultivo artificiais e de baixo custo enriquecidos com extrato de compostagem constitui alternativa viável para o cultivo de microalgas, demonstrando ser uma opção ecológica e sustentável e apresentando resultados satisfatórios quando comparado a meios comercialmente disponíveis ou elaborados a partir de outros substratos.

Como desafio futuro, para ser avaliada sua aceitação ou rejeição, a aplicação desta técnica de cultivo, será levada as comunidades pesqueiras que vem sofrendo para garantir sua sobrevivência, devido ao crescente aumento na procura por produtos e derivados originados da pesca e a redução dos recursos pesqueiros naturais. Esta tecnologia, associada a programas de fomento governamentais possibilitará a melhoria dos indicadores sociais nas comunidades pesqueiras, atrelada ao tripé do desenvolvimento sustentável, ou seja, melhorias para o meio ambiente, qualidade de vida e economia local.