



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO**  
**BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PESCA**

**AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO E RENDIMENTO EM BIOMASSA DAS  
DIATOMÁCEAS *Amphora sp.*, *Chaetoceros calcitrans* e *Thalassiosira fluviatilis***

**JASIEL JOSÉ DE LIMA**

Trabalho de conclusão apresentado ao Curso de Engenharia de Pesca da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como exigência para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Pesca.

**Prof. Dr. Alfredo Olivera Gálvez**

**Orientador**

**Ma. Laenne Barbara Silva de Moraes**

**Coorientadora**

**Recife**

**2020**

**JASIEL JOSÉ DE LIMA**

**AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO E RENDIMENTO EM BIOMASSA DAS  
DIATOMÁCEAS *Amphora* sp., *Chaetoceros calcitrans* e *Thalassiosira fluviatilis***

**Recife  
2020**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal Rural de Pernambuco  
Sistema Integrado de Bibliotecas  
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

L732a

Lima, Jasiel José de

Avaliação do crescimento e rendimento em biomassa das diatomáceas *Amphora* sp., *Chaetoceros calcitrans* e *Thalassiosira fluviatilis*. / Jasiel José de Lima. - 2020.

22 f. : il.

Orientador: Prof Dr Alfredo Olivera Galvez.

Coorientadora: Ma Laenne Barbara S Moraes.

Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Engenharia de Pesca, Recife, 2020.

1. Microalgas. 2. Velocidade de crescimento. 3. Densidade celular. 4. Biomassa seca. I. Galvez, Prof Dr Alfredo Olivera, orient. II. Moraes, Ma Laenne Barbara S, coorient. III. Título

CDD 639.3

---

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO**  
**PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO**  
**BACHARELADO EM ENGENHARIA DE PESCA**

**AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO E RENDIMENTO EM BIOMASSA DAS**  
**DIATOMÁCEAS *Amphora sp.*, *Chaetoceros calcitrans* e *Thalassiosira fluviatilis***

**Jasiel José de Lima**

TCC julgado adequado para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Pesca. Defendido e aprovado em 29/09/2020 pela seguinte Banca Examinadora.

---

**Prof. Dr. Alfredo Olivera Gálvez**

(Orientador)

[Departamento de Pesca e Aquicultura]

[Universidade Federal Rural de Pernambuco]

---

**Ma. Débora Louise Barros Silva**

(Membro titular)

[Departamento de Pesca e Aquicultura]

[Universidade Federal Rural de Pernambuco]

---

**Dra. Jéssika Lima de Abreu**

(Membro titular)

[Departamento de Pesca e Aquicultura]

[Universidade Federal Rural de Pernambuco]

---

**Prof. Dra. Danielli Matias de Macedo Dantas**

(Membro suplente)

[Departamento de Pesca e Aquicultura]

[Universidade Federal Rural de Pernambuco]

## Dedicatória

*Refletindo sobre a quem dedicar esse trabalho, me passa pela mente diversas pessoas, porém, gostaria de citar apenas duas, e nelas estender essa dedicatória às demais que nesta hora me visitam os pensamentos. Assim dedico este, à minha amada esposa Ailza, pois só comecei a fazer um curso universitário graças a seu incentivo, e sobretudo a Deus, pois como diz as Sagradas Escrituras no livro de Atos dos Apóstolo, cap. 17, vrs. 28<sup>pp</sup>: “porque nele vivemos, e nos movemos, e existimos...”. E se minha existência só é real por Ele (e creio nisso), a Ele é mais que conveniente dedicar tudo.*

## **Agradecimentos**

*Como disse o economista e palestrante Carlos Hilsdorf: “Sucesso é um esporte coletivo. Demonstre gratidão a todos os que colaboram com suas vitórias”. Realmente olhando para o que passou, fico feliz e agradecido a muitas pessoas, aos familiares, que em todo tempo estão ao meu lado me apoiando, ajudando e torcendo por mim; aos colegas de cursos, que em muitos momentos sentimos juntos o peso das responsabilidades e nós apoiamos para dar conta de todas; em especial ao sétimo período de Engenharia de Pesca da UFRPE 2019.2, pelo apoio no fornecimento de alguns dados para composição deste trabalho; aos mestres e mestras, em especial ao professor orientador Alfredo Gálvez, que nessa caminhada dividiram seus conhecimentos conosco para contribuir com nossa formação; as amigas e coorientadoras Débora Louise e Laenne Moraes, que nos últimos meses me deram um apoio inigualável; e a todas as demais pessoas que compõem a UFRPE – Universidade Federal Rural de Pernambuco. Porém, meu eterno louvor e gratidão a Deus, pois a Ele eu devo tudo o que tenho e sou.*

## **Artigo científico**

**Avaliação do crescimento e rendimento em biomassa das diatomáceas *Amphora* sp., *Chaetoceros calcitrans* e *Thalassiosira fluviatilis***

**Evaluation of growth and biomass yield of diatoms *Amphora* sp., *Chaetoceros calcitrans* and *Thalassiosira fluviatilis***

**Jasiel José de Lima; Débora Louise Barros Silva; Laenne Barbara Silva de Moraes;  
Alfredo Olivera Gálvez.**

Artigo científico a ser encaminhado a Revista Ciência Agronômica.

Todas as normas de redação e citação atendem as estabelecidas pela referida revista  
([www.ccarevista.ufc.br](http://www.ccarevista.ufc.br)).

## Resumo

As microalgas são organismos microscópicos autotróficos que formam um grupo heterogêneo, predominantes em ambientes aquáticos, responsáveis pela maior parte do oxigênio e produção primária da Terra. São classificadas em quatro grupos principais: Cyanophyceae, Chrysophyceae, Chlorophyceae e Bacillariophyceae (diatomáceas). Esses microrganismos produzem variados compostos orgânicos, sendo comumente utilizados em diversos ramos da indústria e aquicultura. O presente estudo teve como objetivo avaliar o crescimento e rendimento em biomassa seca das diatomáceas: *Amphora* sp., *Chaetoceros calcitrans* e *Thalassiosira fluviatilis*. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três repetições para cada espécie, totalizando nove unidades experimentais. Para a avaliação de crescimento, realizaram-se contagens diárias em câmara de Neubauer e microscópio óptico, obtendo as variáveis: velocidade de crescimento (K), tempo de duplicação (TD) e densidade celular máxima (DCM). De mesmo modo, foram elaboradas curvas de crescimentos ajustadas pela aproximação à curva logística. Ao fim do cultivo, foi obtido o rendimento em biomassa seca, posteriormente às etapas de centrifugação, para retirada do sobrenadante e liofilização, para secagem da biomassa. Como resultados, foram obtidas maiores DCM e K para *C. calcitrans* ( $1.225 \times 10^4$  cél mL<sup>-1</sup> e 1,58 div dia<sup>-1</sup>) e maiores rendimentos em biomassa seca para *T. fluviatilis* (0,61 g L<sup>-1</sup>) e *Amphora* sp. (0,46 g L<sup>-1</sup>). As três espécies apresentaram diferentes parâmetros de crescimento e rendimento em biomassa, sendo *T. fluviatilis* e *Amphora* sp. favoráveis para rendimento em biomassa seca e *C. calcitrans* para atingir maiores densidades celulares.

**Palavras-chave:** Microalgas. Velocidade de crescimento. Densidade celular. Biomassa seca.



## Abstract

Microalgae are autotrophic microscopic organisms that form a heterogeneous group, predominant in aquatic environments, responsible for most of the oxygen and primary production of the Earth. They are classified into four main groups: Cyanophyceae, Chrysophyceae, Chlorophyceae and Bacillariophyceae (diatoms). These microorganisms produce various organic compounds and are commonly used in several branches of industry and aquaculture. The present study aimed to evaluate the growth and yield in dry biomass of the diatoms: *Amphora* sp., *Chaetoceros calcitrans* and *Thalassiosira fluviatilis*. The experimental design was completely randomized, with three replications for each species, totalling nine experimental units. For growth evaluation, daily counts were performed in a Neubauer chamber and optical microscope, obtaining the variables: growth rate (K), doubling time (DT) and maximum cell density (MCD). Likewise, growth curves were drawn up adjusted by approximating the logistic curve. At the end of the cultivation, the dry biomass yield was obtained, after the centrifugation steps, to remove the supernatant and lyophilization, to dry the biomass. As a result, higher DCM and K were obtained for *C. calcitrans* ( $1,225 \times 10^4$  cells mL<sup>-1</sup> and 1.58 div day<sup>-1</sup>) and higher dry biomass yields for *T. fluviatilis* (0.61 g L<sup>-1</sup>) and *Amphora* sp. (0.46 g L<sup>-1</sup>). The three species showed different parameters of growth and yield in biomass, being *T. fluviatilis* and *Amphora* sp. favorable for yield in dry biomass and *C. calcitrans* to reach higher cell densities.

**Keywords:** Microalgae. Growth rate. Cell density. Dry biomass.

## Lista de figuras

	Página
Figura 1 - Curvas de crescimento das microalgas <i>Amphora</i> sp., <i>Chaetoceros calcitrans</i> e <i>Thalassiosira fluviatilis</i> .....	17

## Lista de tabelas

	Página
Tabela 1- Composição do meio de cultura Conway (WALNE, 1966).....	14
Tabela 2- Parâmetros de crescimento e rendimento em biomassa seca das microalgas <i>Amphora</i> sp., <i>Chaetoceros calcitrans</i> e <i>Thalassiosira fluviatilis</i> .....	16

## Sumário

	Página
Dedicatória.....	iv
Agradecimentos.....	v
Artigo científico.....	vi
Resumo.....	vii
Abstract.....	viii
Lista de figuras.....	ix
Lista de tabelas.....	x
1 - Introdução.....	11
2- Material e Métodos.....	14
3- Resultados e Discussão.....	16
4- Conclusões.....	18
5- Referências Bibliográficas.....	19

## INTRODUÇÃO

Microalgas são organismos microscópicos unicelulares que podem formar colônias, autotróficos, por serem capazes de realizar fotossíntese, e pertencentes ao reino Protista. Formam um grupo heterogêneo predominante em ambientes aquáticos ou úmidos, tanto marinhos como de águas salobras e doces, variando de águas superficiais à subterrâneas, podendo viver em ambientes adversos. São classificadas conforme o pigmento que produzem, as substâncias que armazenam, o ciclo de vida e a estrutura celular (RAVEN et al., 2001).

Por serem organismos fotossintéticos, as microalgas utilizam dióxido de carbono atmosférico, luz solar e água para produzirem várias formas de compostos tais como: polissacarídeos, proteínas, lipídios e hidrocarbonetos, sendo comumente utilizadas na produção de fármacos, cosméticos e suplementos alimentares para consumo humano e animal, além de serem potenciais fontes para biocombustíveis (CHISTI, 2007; ANDRADE e COSTA, 2008). Ademais, são responsáveis por grande parte da produção de oxigênio do planeta e constituem 60% da produção primária, sendo consideradas fundamentais à cadeia trófica, na transferência de energia, tendo utilização essencial na base alimentar de inúmeros organismos aquáticos (CHISTI, 2004; SIMÕES, 2016).

Podem ser classificadas em quatro grupos principais: Cyanophyceae, Chrysophyceae, Chlorophyceae e Bacillariophyceae. Sendo as algas azuis ou Cyanophyceae, encontradas em ambientes diversos, tendo importante atuação na fixação do oxigênio atmosférico e apresentando cerca de 2.000 espécies. Já as algas douradas ou Chrysophyceae são encontradas majoritariamente em águas continentais ou doce, com cerca de 1.000 espécies. As algas verdes ou Chlorophyceae, tem representantes tanto em águas salgadas quanto doces e tem como substância reserva o amido, contando com aproximadamente 17.000 espécies. Enquanto as diatomáceas ou Bacillariophyceae são predominantes do fitoplâncton oceânico, podendo também ser encontradas em ambientes de águas salobras, estimando-se a presença de cerca de 100.000 espécies (RAVEN et al., 2005).

As diatomáceas apresentam parede celular composta por sílica e tem como substância reserva a crisolaminarina, são consideradas como o grupo de maior abundância em espécies, sendo responsáveis por 25% da produção primária existente (RAVEN et al., 2001). A produção em larga escala se deu após a segunda guerra mundial, devido à escassez de proteína animal, e o conhecimento de que esses organismos têm capacidade de alta

produção de lipídeos em certas condições de cultivo (SOEDER, 1986). Desde os anos 60 até hoje, os países da Ásia continuam consumindo e comercializando esses organismos, atribuindo a eles capacidades nutricionais e terapêuticas (RICHMOND, 2004).

Na aquicultura, as diatomáceas têm função primordial, e grande parte do sucesso dos cultivos se dá pelo uso dessas algas para alimentação de animais aquáticos, como camarões, moluscos e peixes, especialmente na fase de larvicultura. Também são usadas como fonte de alimentação indireta, alimentando organismos que servirão de alimento para a espécie de interesse. No Brasil, existe um ramo de produção a nível comercial dessas algas, que se dedica especialmente para nutrição de larvas do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*, que tem grande aceitação nos mercados local e mundial, gerando renda para muitas pessoas (SIMÕES, 2016). Dentre as diatomáceas, podem ser destacadas espécies como *Amphora* sp., *Chaetoceros calcitrans* e *Thalassiosira fluviatilis*.

A diatomácea bentônica *Amphora* sp. serve de alimento natural para diversos organismos. Estudos demonstram que a adição desta alga resulta em melhor crescimento de camarões *L. vannamei*, com elevadas taxas de sobrevivência, alto ganho de peso e eficiente conversão alimentar. Segundo Sassi (2016), a *Amphora* sp. apresenta eficiência em remover até 70% das concentrações de nitrito, nitrato e fosfato em condições experimentais, mostrando ser um bom agente biorremediador; além de possuir elevado potencial de síntese de lipídeos, que pode ser utilizado para outras finalidades, inclusive na produção de energia.

A espécie *Chaetoceros calcitrans* pertencente a ordem Centrales e família Chaetoceraceae, é predominantemente encontrada em ambiente pelágico marinho. Esse gênero é considerado responsável por 10% da produção total estimada de carotenoides na natureza, destacando-se a produção de fucoxantina, atuando também como agente indicador e biorremediador de metais pesados (DWI et al., 2019). É amplamente predado pelo zooplâncton pelágico, com representantes em todas as regiões marítimas. Na larvicultura é aplicado para a alimentação de larvas de crustáceos marinhos e moluscos bivalves (SHEI et al., 2008).

A diatomácea *Thalassiosira fluviatilis* pertence a ordem Biddulphiales e família Thalassiosiraceae, apresentando células individuais, ricas em ácidos graxos, tanto saturados quanto mono e poli-insaturados, e bom percentual de proteínas hidrossolúveis. Podem possuir índices de produtividade superiores à *Chaetoceros muelleri*, em condições experimentais (DERNER, 2006). Segundo Derner (2006), algas do gênero *Thalassiosira*,

são utilizadas de forma isolada, ou em combinação com outras espécies, para alimentar diferentes espécies de camarões marinhos e promovem maior velocidade de metamorfose, maior sobrevivência das larvas e favorecem o desempenho zootécnico de pós-larvas de *L. vannamei*, além de assimilarem concentrações de amônia e fósforo do meio, atuando também como biorremediador (BELETTINI, 2011).

As três espécies de diatomáceas citadas acima apresentam características comuns, sendo a aplicação na larvicultura do camarão marinho a principal delas, atuando na melhoria da qualidade da água e como fonte de alimento. Desse modo, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o crescimento e o rendimento em biomassa seca das diatomáceas: *Amphora* sp., *Chaetoceros calcitrans* e *Thalassiosira fluviatilis*.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Produção de Alimento Vivo (LAPAVI) localizado no Departamento de Pesca e Aquicultura da Universidade Federal Rural de Pernambuco. As microalgas foram adquiridas do banco de cepas do LAPAVI e cultivadas em garrafas de vidro com volume útil de 500 mL contendo o meio de cultura Conway (WALNE, 1966), conforme Tabela 1. Foram mantidas em salinidade de 30 g L<sup>-1</sup>, temperatura de 25 ± 1 °C, intensidade luminosa de 2000 lux, usando lâmpadas fluorescentes, fotoperíodo de 24h de luminosidade e aeração constante.

Tabela 1 - Composição do meio de cultura Conway (WALNE, 1966).

Substância	Concentração (g L <sup>-1</sup> )
FeCl <sub>3</sub> .6H <sub>2</sub> O	1,30
MnCl <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O	0,36
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	33,6
EDTA	45,0
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	20,0
NaNO <sub>3</sub>	100,0
ZnCl <sub>2</sub>	0,11
CoCl <sub>2</sub> .6H <sub>2</sub> O	0,10
(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> MO <sub>7</sub> O <sub>24</sub> .4H <sub>2</sub> O	0.045
CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	0,10
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	40,0
Vitamina B1	0,1
Vitamina B12	0,005

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com três repetições para cada espécie, totalizando nove unidades experimentais. As microalgas foram inoculadas em concentração de 2,5 x 10<sup>4</sup> células mL<sup>-1</sup> para *Amphora* sp e *Thalassiosira fluviatilis* e, 5 x 10<sup>4</sup> células mL<sup>-1</sup> para *Chaetoceros calcitrans*.

Para a avaliação do crescimento das microalgas, foram retiradas amostras das culturas a cada 24 horas após o início do experimento, fixadas com formol a 4%, e realizadas as contagens em câmara de Neubauer com auxílio de um microscópio óptico. A partir dos dados de contagem celular, foram obtidas densidades celulares máximas (DCM),



considerando o dia de cultivo no qual cada população algal alcançou a máxima densidade celular, tempo de duplicação (TD) e velocidade de crescimento (K), representada pelo número de divisões celulares num intervalo de tempo (STEIN, 1973), determinada através da seguinte equação:

$$K = [3.322 (T_f - T_i)^{-1} \times (\text{Log } N_f \times N_i)^{-1}]$$

Onde: 3,322 = fator de conversão do logaritmo base 2 a base 10;  $(T_2 - T_1)$  = intervalo de tempo em dias;  $N_1$  = densidade celular inicial;  $N_2$  = densidade celular final; Log = logaritmo em base 10.

Para determinar o TD, que representa o tempo gasto na divisão de uma célula, foi utilizada a equação abaixo:

$$TD = 1/K$$

As curvas de crescimento para cada espécie foram desenvolvidas a partir das densidades celular diárias, com o auxílio do programa CurveExpert versão 1.4 (HYAMS, 2010). As curvas foram ajustadas pela aproximação à curva logística  $[Y = a / (1 + b \exp^{-cx})]$ , seguindo a metodologia de Pindich e Rubinfeld (1981). Os dados das curvas obtidas e aqueles das curvas ajustadas foram considerados correspondentes quando o coeficiente de determinação ( $r^2$ ) foi igual ou superior a 0,80 (COSTA NETO, 1977).

Ao final do cultivo o volume de cultura produzido em cada unidade experimental foi centrifugado a 3.000 x g, durante 10 min e congelado a -80 °C por 24h, sendo posteriormente submetido ao processo de liofilização por 48 horas. Ao fim deste procedimento, as amostras foram pesadas em balança analítica (0,001 g) para a avaliação do rendimento em biomassa seca ( $\text{g L}^{-1}$ ).

Os dados de crescimento e rendimento em biomassa de cada espécie de microalga foram submetidos às análises de normalidade e homogeneidade, através dos testes de Shapiro-Wilk e Cochran, respectivamente. Sendo então, submetidos à análise de variância (ANOVA), seguida pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ), utilizando o software Assistat 7.6.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis de crescimento das microalgas apresentaram distinções entre as espécies cultivadas (Tabela 2). A densidade celular máxima (DCM) foi significativamente diferente entre as três espécies, sendo maior com a *Chaetoceros calcitrans* ( $1.225 \times 10^4$  cél mL<sup>-1</sup>), seguido da *T. fluviatilis* ( $116 \times 10^4$  cél mL<sup>-1</sup>) e *Amphora* sp. ( $64 \times 10^4$  cél mL<sup>-1</sup>).

Tabela 2 - Parâmetros de crescimento e rendimento em biomassa seca das microalgas *Amphora* sp., *Chaetoceros calcitrans* e *Thalassiosira fluviatilis*.

Espécies	DCM (10 <sup>4</sup> cél mL <sup>-1</sup> )	Biomassa seca (g L <sup>-1</sup> )	K (div dia <sup>-1</sup> )	TD (dia <sup>-1</sup> )
<i>Amphora</i> sp.	63,73 ± 12,16 <sup>c</sup>	0,46 ± 0,09 <sup>a</sup>	0,93 ± 0,06 <sup>c</sup>	1,08 ± 0,07 <sup>a</sup>
<i>Chaetoceros</i> <i>calcitrans</i>	1225,67 ± 435,65 <sup>a</sup>	0,07 ± 0,02 <sup>b</sup>	1,58 ± 0,10 <sup>a</sup>	0,64 ± 0,04 <sup>c</sup>
<i>Thalassiosira</i> <i>fluviatilis</i>	116,42 ± 15,57 <sup>b</sup>	0,61 ± 0,12 <sup>a</sup>	1,11 ± 0,04 <sup>b</sup>	0,90 ± 0,03 <sup>b</sup>

DCM: Densidade celular máxima; K: Velocidade de crescimento; TD: Tempo de duplicação.

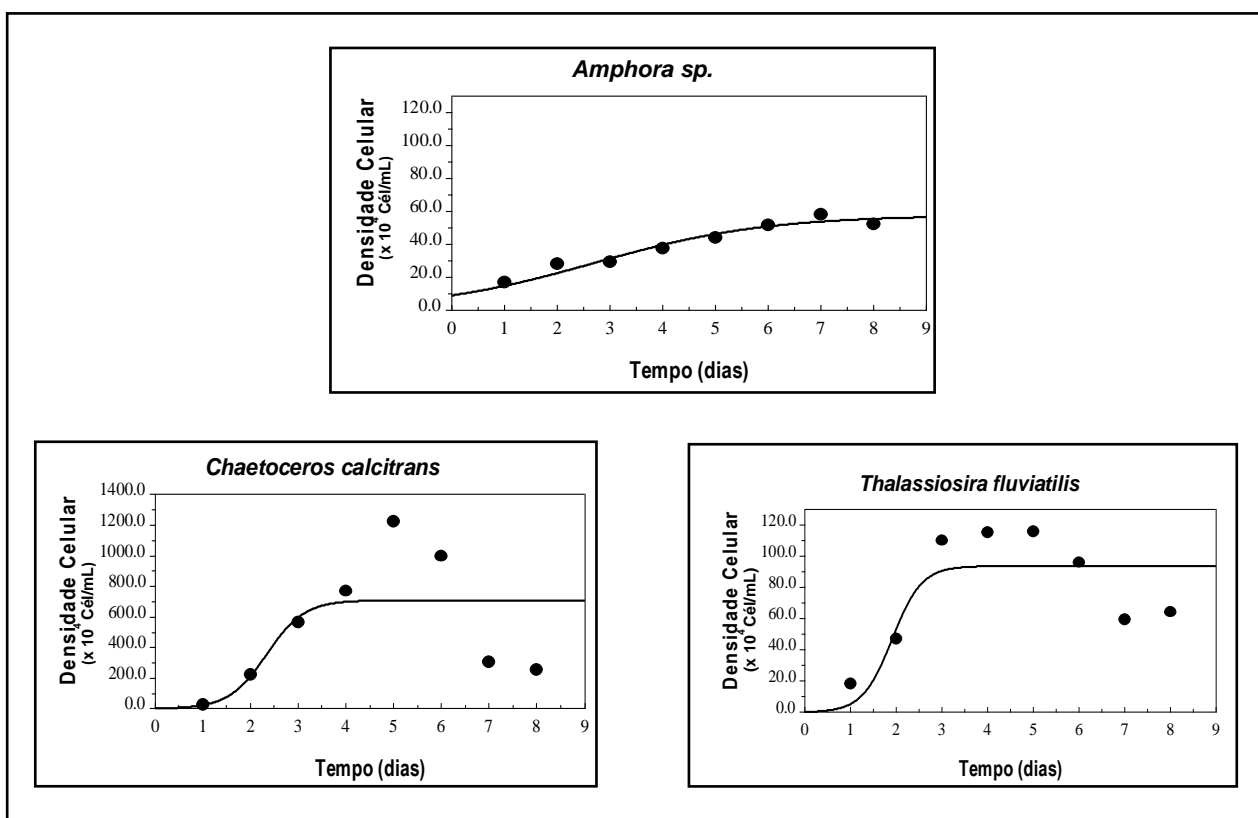
No entanto, a alga *C. calcitrans* mesmo apresentando maior número de células, obteve menor rendimento em biomassa seca (0,07 g L<sup>-1</sup>), como consequência do seu tamanho de aproximadamente 3 µm, sendo esse resultado inferior ao obtido por Khoi et al. (2006) (0,17 g L<sup>-1</sup>). Enquanto, *T. fluviatilis* e *Amphora* sp., que possuem tamanhos de aproximadamente 20 e 10 µm, respectivamente, obtiveram maior rendimento em biomassa (Tabela 2). A biomassa seca obtida com a *Amphora* foi semelhante a encontrada por Chtourou et al. (2015) (0,43 g L<sup>-1</sup>), em contrapartida, a biomassa atingida por *T. fluviatilis* foi superior à alcançada por *T. weissflogii* (0,24 g L<sup>-1</sup>), nos estudos de Dipasquale et al. (2012).

Quanto à velocidade de crescimento (K), foi significativamente superior para a *C. calcitrans* (1,58 div dia<sup>-1</sup>) e inferior para a *Amphora* sp. (0,93 div dia<sup>-1</sup>) (Tabela 2). A velocidade de crescimento da *Amphora* sp., no presente estudo, foi semelhante ao observado por Rajadurai et al. (2005) para a *Amphora coffeaeformis* (0,95 div dia<sup>-1</sup>). Para a *C. muelleri*, López-Elías et al. (2005), determinaram taxas de crescimento entre 1,2 e 2,7

div dia<sup>-1</sup>, condizendo com o observado para a *C. calcitrans* neste ensaio. Já com a *T. fluviatilis*, foi obtido no presente estudo K de 1,11 div dia<sup>-1</sup> (Tabela 2), enquanto Sellare et al. (2011) relata valor inferior (0,7 div dia<sup>-1</sup>) e Ohse et al. (2008) valor superior (1,72 div dia<sup>-1</sup>), possivelmente ocasionado pelas diferenças nas condições de cultivo, como salinidade e meio de cultivo (W.C., modificado de Guillard e Lorenzen (1972)). O tempo de duplicação (TD), no presente ensaio, seguiu mesma tendência de K, com a *C. calcitrans* apresentando maior eficiência, seguida das microalgas *T. fluviatilis* e *Amphora* (Tabela 2).

O modelo da curva logística, conforme é observado na Figura 1, demonstra que os cultivos das três espécies em questão tiveram duração de oito dias. Sendo a fase de adaptação ao ambiente de cultivo, representada pelo primeiro dia para todas as espécies. Com relação à fase exponencial, teve duração de seis dias (do segundo ao sétimo dia) para a *Amphora* sp., quatro dias (do segundo ao quinto dia) para a *C. calcitrans* e três dias (do segundo ao quinto) para a *T. fluviatilis*, que em contrapartida permaneceu por mais tempo na fase estacionária. A fase de declínio iniciou-se no oitavo dia para a *Amphora* sp. e no sexto dia para as outras espécies.

Figura 1 - Curvas de crescimentos das microalgas *Amphora* sp., *Chaetoceros calcitrans* e *Thalassiosira fluviatilis*.



Da mesma forma, é possível notar que enquanto a *Amphora* sp., curva mais suave, atingiu no sétimo dia de cultivo o seu ponto de máxima, as espécies *C. calcitrans* e *T. fluviatilis*, com curvas mais abruptas, atingiram os pontos de máxima no quinto dia de cultivo. Ohse et al. (2008) observaram curva semelhante para *T. fluviatilis*, já com a *C. muelleri*, a fase exponencial durou até o sexto dia, um dia a mais do observado no presente estudo. É possível inferir que o declínio na divisão das células logo após a fase exponencial, ocorre devido à falta de nutrientes no meio, consumidos pelo metabolismo das células (COUTTEAU, 1996), levando em conta que não houve reposição de nutrientes no decorrer do experimento.

A partir dos resultados obtidos com o presente estudo, é possível perceber a importância na escolha da espécie de microalga de acordo com a aplicabilidade pretendida. No caso do uso de microalgas para larvicultura, deve-se levar em consideração: hábito alimentar da larva de interesse, densidade de alga necessária (em determinados intervalos de tempo), o tamanho da alga apropriado, entre outros fatores. No entanto, a inclusão das microalgas é inquestionavelmente benéfica para o melhor desenvolvimento de diversos organismos. Assim como, são utilizadas em produtos farmacêuticos, nutracêuticos e energéticos, sendo importantes estudos cada vez mais aprofundados sobre esses microrganismos.

## CONCLUSÕES

As três espécies de diatomáceas, *Amphora* sp., *Chaetoceros calcitrans* e *Thalassiosira fluviatilis*, apresentaram diferentes parâmetros de crescimento e rendimento em biomassa seca; sendo *C. calcitrans* a que apresentou maior densidade celular e velocidade de crescimento, enquanto, *T. fluviatilis* e *Amphora* sp. obtiveram maior rendimento em biomassa seca. Desse modo, é possível inferir que, se o interesse no cultivo de alguma dessas três espécies, for o quantitativo de células atingido, ou a mais rápida divisão celular, a escolha provável seria a *C. calcitrans*. Já se o interesse for pela maior produção em biomassa seca, as algas *T. fluviatilis* e *Amphora* sp. são as mais indicadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, M. R.; COSTA, J. A. V. Cultivo da microalga *Spirulina platensis* em fontes alternativas de nutrientes. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 5, p. 1551-1556. 2008.

BELETTINI, F. et al. Utilização de *T. Weissflogii* e *N. Oculata* no Cultivo de *L. Vannamei* em Berçários. **Atlântica. Rio Grande**, n. 33(2), p. 101-114. 2011.

CHISTI, Y. Biodiesel from microalgae. **Biotechnology Advances**, v. 25, p. 294-306. 2007.

CHISTI, Y. **Microalgae: our marine forests**. Book reviews. IN: RICHMOND, A. (Ed). Handbook of microalgal culture: biotechnology and applied phycology. Oxford: Blackwell Science, 566p, 2004.

CHTOUROU, Haifa et al. Characterization of *Amphora* sp., a newly isolated diatom wild strain, potentially usable for biodiesel production. **Bioprocess and Biosystems Engineering**, v. 38, n. 7, p. 1381-1392, 2015.

COSTA NETO, P. L. O. **Estatística**. Edgar Blücher, São Paulo, Brasil, 64pp. 1977.

COUTTEAU, P. Micro-algae. In: LAVENS, P.; SORGELOOS, P. Manual on the production and use of live food for aquaculture. **FAO Fisheries Technical Paper**, n. 361. Rome, FAO, 295p, 1996.

DERNER, R. B. **Efeito de Fontes de Carbono no Crescimento e na Composição Bioquímica das Microalgas *Chaetoceros muelleri* e *Thalassiosira fluviatilis*, Com Ênfase no Teor de Ácidos Graxos Poliinsaturados**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos. Florianópolis, 2006.

DIPASQUALE, L. et al. Hydrogen production by the thermophilic eubacterium *Thermotoga neapolitana* from storage polysaccharides of the CO<sub>2</sub>-fixing diatom *Thalassiosira weissflogii*. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 37, n. 17, p. 12250-12257. 2012.

DWI, C. P. et al. Potential Heavy Metals Remediation Test on *Chaetoceros Calcitrans*. **Pollution Research**, v. 38, p. 18-21. 2019.

HYAMS, D. G. **CurveExpert Basic-Release 1.4**. 2010. Disponível em: <<http://www.curveexpert.net>>.

KHOI, C. M.; GUONG, V. T.; MERCKX, R. Growth of the diatom *Chaetoceros calcitrans* in sediment extracts from *Artemia franciscana* ponds at different concentrations of nitrogen and phosphorus. **Aquaculture**, v. 259, n. 1-4, p. 354-364. 2006.

LÓPEZ-ELÍAS, J. A.; VOLTOLINA, D.; ENRÍQUEZ-OCAÑA, F.; GALLEGOS-SIMENTAL, G. Indoor and outdoor mass production of the diatom *Chaetoceros muelleri* in a mexican commercial hatchery. **Aquacultural Engineering**, v. 33, n. 3, p. 181-191, 2005.

OHSE, S. et al. Crescimento de microalgas em sistema autotrófico estacionário. **Biotemas**, n. 21 (2), p. 7-18. 2008.

PINDICH, R.; RUBENFELD, D. **Econometric models and economic forecasts**. 2 ed. New York: Mcgraw-Hill, 492p. 1981.

RAJADURAI, M.; POORNIMA, E. H.; NARASIMHAN, S. V.; RAO, V. N. R.; VENUGOPALAN, V. P. Phytoplankton growth under temperature stress: Laboratory studies using two diatoms from a tropical coastal power station site. **Journal of Thermal Biology**, n. 30, p. 299-305. 2005.

RAVEN, P.H. et al. **Biologia Vegetal**. 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 906p. 2001.

RAVEN, P.H.; JOHNSON, G.B.; LOSOS, J.B. et al. **Biology**. Nova York. 7ª Edição, McGraw-Hill. 2005.

RICHMOND, A. **Handbook of Microalgal Culture: Biotechnology and Applied Phycology**. John Wiley & Sons. 584p. 2004.

SASSI, P. G. P. **Uso de Microalgas com Potencial para Produção de Biodiesel e Mitigação de Impactos Ambientais**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba, Centro de Energias Alternativas e Renováveis. João Pessoa, 2016.

SELLARE, C. et al. Estudo comparativo entre teor lipídico e produtividade de biomassa das microalgas marinhas *Thalassiosira fluviatilis* e *Thalassiosira pseudonana* utilizadas para a produção de biodiesel. **34ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. Sociedade Brasileira de Química (SBQ)**. São Paulo, 2011.

SHEI, M. R. P. et al. Cultivo da Microalga Marinha *Chaetoceros Calcitrans* (*Bacillariophyceae*) Utilizando Diferentes Tipos de Água Marinha Artificial. **Boletim do Instituto de Pesca**, n. 34(4), p. 563 – 569. 2008.

SIMÕES, M. A. et al. **Algas cultiváveis e sua aplicação biotecnológica** [recurso eletrônico]. Aracajú: EDIFS, 91p., 2016.

SOEDER, C. A historical outline of applied phycology. **Handbook of Microalgal Mass Culture**, CRC Press, Florida, pp. 25-41,1986.

STEIN, J. R. (ed.). **Handbook of Phycology methods. Culture, Methods and Growth Measurements**. Cambridge University Press, London, UK, 448p, 1973.

WALNE P. R. Experiments in the large-scale culture of the larvae of *Ostrea edulis*. **Fish Investigation**, n. 25, p. 1-53. 1966.