



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS DO MAR  
CURSO DE OCEANOGRAFIA**

**JOÃO LUÍS DE LIMA CARVALHO**

**REATOR DE LODOS ATIVADOS PARA A PRODUÇÃO DE BIOFLOCOS COM  
EFLUENTE DA CARCINICULTURA**

**FORTALEZA**

**2017**

JOÃO LUÍS DE LIMA CARVALHO

**REATOR DE LODOS ATIVADOS PARA A PRODUÇÃO DE BIOFLOCOS COM  
EFLUENTE DA CARCINICULTURA**

Monografia apresentada ao curso de Oceanografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Profa. Dra. Sandra Tédde Santaella.

FORTALEZA

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

C324r Carvalho, João Luís de Lima.  
REATOR DE LODOS ATIVADOS PARA A PRODUÇÃO DE BIOFLOCOS COM EFLUENTE  
DA CARCINICULTURA / João Luís de Lima Carvalho. – 2017.  
30 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Instituto de  
Ciências do Mar, Curso de Oceanografia, Fortaleza, 2017.  
Orientação: Profa. Dra. Sandra Tédde Santaella.

1. Geração de bioflocos. 2. Aeração prolongada. 3. Água residuária. I. Título.

CDD 551.46

---

JOÃO LUÍS DE LIMA CARVALHO

**REATOR DE LODOS ATIVADOS PARA A PRODUÇÃO DE BIOFLOCOS COM  
EFLUENTE DA CARCINICULTURA**

Monografia apresentada ao curso de Oceanografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Oceanografia.

Aprovada em: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Profª. Dra. Sandra Tédde Santaella. (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Msc. João Paulo Leite Félix  
Instituto Federal de Educação Tecnológica do Ceará (IFCE).

---

Msc. Jordana Sampaio Leite  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, José Xavier e Arleziara  
Carvalho.

## AGRADECIMENTOS

À Profª. Dra. Sandra Tédde Santaella, pela excelente orientação, paciência, compreensão e suporte nas adversidades da pesquisa.

À EMBRAPA por ceder o uso do laboratório e equipamentos para realização da pesquisa.

Aos meus companheiros do EQUAL pela ajuda que me foi dada quando solicitada e ao companheirismo no dia a dia.

Aos meus amigos de graduação por terem me acompanhado nessa trajetória e me encorajado nos momentos de dificuldade.

Aos meus amigos externos a universidade que tiveram muita paciência, amor e cuidado em me ouvir, animar e conversar.

À minha amiga e Dra. Suzana Kramer por todo carinho, pelas palavras de sabedoria, por me ouvir e por sempre me incentivar e acreditar no meu potencial.

Aos meus pais, irmãos e familiares que tiveram muita paciência e nunca mediram esforços para me ver bem, me apoiando na realização dos meus sonhos, ajudando na superação dos obstáculos e estarem sempre acreditando no meu potencial. Obrigado por sempre me incentivarem!

Agradeço a banca por toda contribuição e atenção dada a este trabalho.

Enfim, a todos que tenho carinho e que estão próximos a mim, agradeço a reciprocidade e o reforço positivo!

“O que uma pessoa não descobre, outra o fará.”

Jacques Cousteau

## RESUMO

A geração de bioflocos para alimentação na carcinicultura é uma alternativa para aumentar a incorporação de nutrientes pelos camarões, reduzir o uso de rações industriais na alimentação, bem como tratar a água do cultivo. Este trabalho realizado no Laboratório de Tecnologia da Biomassa, localizado na Embrapa Agroindústria Tropical, utilizou de um reator de lodos ativados de aeração prolongada, em escala de bancada, com o objetivo de produzir bioflocos a partir da água residuária de tanques berçário e de engorda do cultivo do camarão marinho *Litopenaeus vannamei*, disponibilizada pelo Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos (LANOA/UFC). Após a inoculação com microrganismos dos tanques berçários e adaptação dos sistemas, o reator foi operado por 189 dias, com determinações semanais de sólidos suspensos totais (SST), sólidos suspensos voláteis (SSV), sólidos suspensos fixos (SSF), demanda química de oxigênio (DQO) e pH, visando produzir 5 g de SSV no lodo decantado. Devido a eventos de mau funcionamento do reator, causando períodos de anaerobiose, a produção máxima obtida para SSV foi de 3,4 g, enquanto os SST alcançaram 4 g. A eficiência de remoção de matéria orgânica foi de 71%. Embora tenham ocorrido eventos de anaerobiose, houve tendência para produzir bioflocos. Apesar do tratamento do efluente não ter sido o objetivo central da pesquisa, o sistema satisfaz às normas Nacionais para o parâmetro de DQO, mas necessita ser otimizado para enquadrar-se no padrão Estadual. As concentrações de SSV não atingiram o proposto de 5 g, mas foi obtido valor satisfatório quando comparado a outros trabalhos de produção externa de bioflocos.

**Palavras-chave:** Geração de bioflocos, Aeração prolongada, Água residuária.



## ABSTRACT

The generation of bioflocs for feed in shrimp farming is an alternative to increase the incorporation of nutrients, reduce the use of industrial feed as well as treat the water of the crop. This work, carried out at the Biomass Technology Laboratory, located at Embrapa Agroindústria Tropical, used a activated sludge reactor in bench scale, with prolonged aeration, to produce bioflocs from residual water of both nursery and fattening tanks of the marine shrimp *Litopenaeus vannamei*, available at the Laboratory of Nutrition of Aquatic Organisms (LANOA / UFC). After inoculation with microorganisms from nursery tanks and adaptation of the systems, the reactor was operated for 189 days, with weekly determinations of total suspended solids (TSS), volatile suspended solids (VSS), fixed suspended solids (FSS), chemical oxygen demand (COD) and pH, aiming to produce 5g of VSS in the decanted sludge. Due to periods of anaerobiosis, caused by malfunctioning events of the reactor, the maximum production obtained for VSS was 3.4 g, while the TSS reached 4 g. The efficiency of organic matter removal was 71%. Although anaerobic events had occurred, there was a tendency to produce bioflocs. Even though the treatment of the effluent was not the main objective of the research, the system met National standards, but it needs to be optimized to fit in the State standard. The VSS concentrations did not reach the expected level, but a satisfactory value was obtained when compared to other works of external biofloc production.

**Keywords:** Generation of bioflocs, Prolonged aeration, Waste water.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema de lodos ativados em escala de laboratório utilizado na pesquisa.

Legenda: A- Entrada do afluente; B- Tanque de aeração; C- Decantador; D- Saída do efluente; E- Entradas de ar; F- Descarte de lodo e saída da recirculação; G- Entrada de recirculação.....

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Concentração de sólidos suspensos totais, voláteis, fixos e tendência linear dos sólidos suspensos voláteis mesmo com períodos de anaerobiose marcados na linha vertical.....	25
Gráfico 2 – Concentração de sólidos suspensos totais, voláteis, fixos e tendência linear dos sólidos suspensos voláteis sem períodos de anaerobiose.....	25
Gráfico 3 – Demanda química de oxigênio afluente e efluente no sistema de lodos ativados em mgO <sub>2</sub> /L.....	26
Gráfico 4 – Eficiência de tratamento do sistema.....	27

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Métodos empregados para determinação das características da água residuária.....	21
Tabela 2 – Parâmetros operacionais do sistema de lodos ativados estudado.....	23
Tabela 3 – Resultados da caracterização do efluente, com exclusão e inclusão dos eventos de anaerobiose.....	24

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

BFT	Sistema de cultivo em meio aos bioflocos
CEAC	Centro de Estudos em Aquicultura Costeira
COEMA	Conselho Estadual de Meio Ambiente
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
DQO	Demanda química de oxigênio
Labomar	Instituto de Ciências do Mar
LANOA	Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos
SRA	Sistemas de recirculação
SSF	Sólidos suspensos fixos
SSV	Sólidos suspensos voláteis
SST	Sólidos suspensos totais
UFC	Universidade Federal do Ceará

## SUMÁRIO

1	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	15
2	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	16
3	<b>OBJETIVOS</b> .....	20
3.1	<b>Objetivo Geral</b> .....	20
3.2	<b>Objetivos específicos</b> .....	20
4	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	21
4.1	<b>Águas Residuárias</b> .....	21
4.2	<b>Caracterização das Águas Residuárias</b> .....	21
4.3	<b>Sistema de Lodos Ativados em Escala de Laboratório</b> .....	21
4.3.1	<i>Inoculação</i> .....	22
4.3.2	<i>Partida e operação</i> .....	23
4.4	<b>Monitoramento dos Reatores</b> .....	23
5	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	24
6	<b>CONCLUSÕES</b> .....	21
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	22

## 1 INTRODUÇÃO

A atividade da carcinicultura produz um efluente que, quando não tratado, causa grande impacto ao corpo hídrico receptor. A água é um dos fatores limitante para consolidação da atividade, por isso é necessário meios de reutilização e ciclagem dos nutrientes deste efluente.

Como forma de manejo para evitar doenças, a carcinicultura vem mudando o modo da produção de extensivo e semi-intensivo para intensivo. O cultivo intensivo do camarão gerou a necessidade por aprimorar tecnologias com o intuito de manter a saúde do meio de cultivo, tornando-os economicamente e ambientalmente viáveis.

A matéria orgânica e os nutrientes que estão presentes nos efluentes da carcinicultura podem ser aproveitados para produzir bioflocos que poderão acrescentar na alimentação do cultivo, aumentando o tamanho dos organismos e diminuindo custos com rações comerciais, que representam, entre 40 e 60% dos custos operacionais.

Os sistemas de recirculação em aquicultura (SRA) são uma alternativa de manejo para minimizar impactos da atividade da aquicultura no ambiente, diminuindo riscos à produção bem como aumentando a eficiência de fazendas.

O tratamento biológico por lodos ativados do efluente da carcinicultura estimula a produção da comunidade microbiana para melhorar a qualidade da água, conseqüentemente, gerando biomassa. A biomassa gerada é uma alternativa viável para agregar valor nutricional natural à alimentação de camarões marinhos reduzindo o custo operacional da atividade.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O sistema de cultivo em meio aos bioflocos (BFT) é uma alternativa para aumentar a biossegurança e a produtividade em carcinicultura, permitindo produção intensiva de camarões e aumento na despesca de três a cinco vezes mais que os sistemas de cultivos tradicionais, embora os custos iniciais de instalação e operação sejam maiores que os convencionais (FÓES; GANOA; POERSH, 2012).

Os bioflocos são formados por agregados de bactérias, fragmentos de carapaças, microalgas e outros microrganismos presentes no meio de cultivo. A utilização de um BFT tem como princípio utilizar microrganismos presentes no bioflocos para transformar compostos nitrogenados dissolvidos na água, que em concentrações elevadas são letais aos camarões (FÓES; GANOA; POERSH, 2012). Ainda segundo Fóes, Ganoa e Poersh (2012), a adição de fontes de carbono como, por exemplo, melão ou outros compostos aumenta o crescimento da biomassa microbiana.

Nas primeiras semanas de cultivo há predomínio de microrganismos fotoautotróficos que não consomem a amônia presente no meio. Os microrganismos autotróficos capazes de consumir essa amônia crescem mais lentamente no sistema. Por isto, nas primeiras semanas de cultivo é adicionada fonte de carbono para estimular o crescimento de microrganismos heterotróficos que convertem nitrogênio amoniacal em biomassa mais rapidamente que as bactérias autotróficas (LARA *et al.*, 2017).

Um dos objetivos do BFT é fazer com que ocorra assimilação direta de nitrogênio amoniacal em biomassa bacteriana por processos heterotróficos sem que haja processos de nitrificação por bactérias autotróficas (LARA, *et al.*, 2017). Além da redução na concentração de compostos nitrogenados, os bioflocos gerados em BFTs possibilitam o aumento da produtividade primária, melhoria da conversão alimentar e por também serem consumidos pelos camarões, reduzem a quantidade de proteína bruta fornecida por rações (FÓES; GANOA; POERSH, 2012).

Devido ao fato da formação de bioflocos depender do material particulado em suspensão, a formação e manutenção deles e a alta densidade de estocagem de camarões demandam aeração artificial permanente (FÓES; GANOA; POERSH, 2012). A aeração nos tanques de cultivo promove a difusão do oxigênio na água para a respiração dos organismos e a mistura dos sólidos suspensos para formação dos bioflocos, evitando também zonas anóxicas (GANOA *et al.*, 2017).



Um dos princípios básicos dos BFTs é a mínima ou nenhuma renovação de água no sistema (LARA *et al.*, 2017). Devido a este fato e à produção intensiva, para o uso de BFT em cultivos de camarão são necessárias técnicas de manejo e monitoramento dos parâmetros de qualidade da água, particularmente, os níveis de sólidos suspensos (GANOVA *et al.*, 2013).

Os sólidos suspensos podem interferir na qualidade da água de cultivo por alterarem parâmetros como, amônia, nitrito, nitrato, fósforo, carbono dissolvido, oxigênio dissolvido, pH e alcalinidade, comprometendo a eficiência da produção (GANOVA *et al.*, 2017). O excesso de sólidos suspensos, além de influenciar a qualidade da água, pode causar oclusão das brânquias dos animais e comprometer seu crescimento e sobrevivência (HARGREAVES, 2013).

Segundo Hargreaves (2013), sistemas de bioflocos são operados com sólidos em suspensão em concentrações inferiores a 1000 mg/L e, concentrações de 200 a 500 mg/L são suficientes para controlar a amônia e o funcionamento do sistema, entretanto, o melhor consumo da ração pelos camarões ocorre em concentrações entre 100 e 300 mg/L. Kunh *et al.*, (2009) afirmam que a concentração de bioflocos pode ser medida pela concentração de sólidos suspensos voláteis (SSV), Von Sperling (2002) complementa explicando que SSVs representam a fração orgânica da biomassa que pode ser volatilizada.

Ganova *et al.*, (2013) desenvolveram um sistema para controle de sólidos suspensos que clarifica a água de BFTs tornando-a própria para reuso. Nesse sistema, os sólidos suspensos sedimentam por gravidade em um fluxo lento de água que é bombeada ao interior do decantador. Após a decantação, a água clara retorna ao tanque de cultivo.

O reuso da água de ciclos anteriores em BFTs é uma técnica viável para manutenção dos níveis de compostos nitrogenados. A inoculação mínima de 2,5% de água de ciclos anteriores acelera a formação de bioflocos por haver microrganismos ativos para absorção de nitrogênio e manutenção da qualidade da água no sistema (LARA *et al.* 2017).

O decaimento da qualidade da água pode ocorrer em qualquer etapa do ciclo de produção do camarão devido ao aumento constante da concentração de sólidos suspensos no decorrer das fases de cultivo, porém, quando os bioflocos são inoculados no início do ciclo, os teores de amônia e nitrito diminuem em relação a um sistema de mesmo período sem inoculação (GANOVA *et al.*, 2013).

Segundo Kuhn *et al.*, (2009), em cultivos intensivos de camarão cujos ciclos são iniciados com águas limpas, livres de bioflocos, o crescimento dos indivíduos é reduzido em comparação àqueles iniciados com águas que já tenham bioflocos. De Muylder, (2010) ressalva que camarões cultivados em sistemas de bioflocos podem se beneficiar alimentando-se de bioflocos e assim crescem em média, 15% a mais. Além disto, Kuhn *et al.*, (2009) concluíram que os animais crescem mais quando se alimentam de *pellets* de biofloco do que quando o biofloco está livre no meio de cultivo.

Sabry Neto *et al.*, (2015) alegam como vantagens de produzir bioflocos externamente ao cultivo, a possibilidade destes serem secos e inseridos na ração para a dieta e a redução da pressão que o efluente pode exercer sobre o corpo hídrico receptor. Boopathy *et al.*, (2007) complementam como vantagem da produção externa em sistemas de tratamento de efluentes, o tratamento da água pelos bioflocos permitindo o reuso da água após a etapa final de produção. Krummenauer *et al.* (2012) constataram que a reutilização de 100% da água do cultivo proporciona índices melhores de sobrevivência e crescimento de camarões.

O experimento de Sabry Neto *et al.*, (2015) durou oitenta e um dias, produziu aproximadamente 2 g de farelo de biofloco e os autores concluíram que a água residuária do cultivo do camarão *L. vanamei* tratada em sistema de tratamento por lodos ativados produz um biofloco com baixo teor proteico e lipídico para alimentação de indivíduos juvenis, e apresenta grande teor mineral. O crescimento causado pela alimentação contendo farelo de bioflocos pode ser proveniente de minerais traços e outros nutrientes. Porém Sabry Neto *et al.* (2015), atribuíram o resultado negativo ao pequeno período de amostragem como um fator limitante para o baixo teor proteico e lipídico.

Moura (2017), determinou o valor nutricional(o quê?) na análise bromatológica de bioflocos produzidos em reatores de um sistema de lodos ativados para o tratamento de água da carcinicultura, e verificou que o valor nutricional dos bioflocos era compatível ao requerido na alimentação de camarões, com 45,82% proteína bruta, 20,57% de umidade e voláteis, 1,54% extrato etéreo, 0,22%, fibra bruta e 8,71% matéria mineral, contrariando os resultados obtidos por Sabry Neto *et al.*, (2015).

Ainda em contraponto aos resultados de Sabry Neto *et al.*, (2015), Kuhn *et al.*, (2009) utilizaram água residuária do cultivo de tilápias para produzir bioflocos

durante trinta e cinco dias e atribuíram o crescimento dos camarões à substituição de parte da farinha de peixe e proteína de soja na alimentação por ração contendo biofloco.

Craig, Flick e McLean (2008), concluíram que flocos microbianos gerados a partir de efluentes da aquicultura podem aumentar a produção de camarões, a partir de um experimento utilizando reatores em batelada, verificaram que ao tratamento de efluentes da aquicultura para produzir bioflocos como suplemento alimentar para camarões é um meio adequado para reciclar nutrientes, evitar a poluição de corpos hídricos receptores e trazer mais sustentabilidade à atividade.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo Geral**

Produzir bioflocos em sistemas de lodos ativados por aeração prolongada tratando efluente do cultivo do camarão.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Verificar se existe aumento da biomassa no sistema pela análise de sólidos suspensos voláteis.
- Determinar a eficiência de remoção de matéria orgânica (DQO) no sistema.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Laboratório de Tecnologia da Biomassa, localizado na Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, Ceará, Brasil.

### 4.1 Águas Residuárias

A água residuária foi gerada nos cultivos experimentais de camarão do Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos (LANOA) no Centro de Estudos em Aquicultura Costeira (CEAC) pertencente ao Instituto de Ciências do Mar (Labomar), da Universidade Federal do Ceará (UFC). As águas residuais do LANOA eram provenientes de duzentos tanques de cultivo de camarões, sendo seis tanques berçários de 3.000 L, 84 tanques de engorda com 1.000 L e 100 tanques de engorda com 500 L. Os tanques de engorda recebiam cerca de dois kg de ração /tanque, ao longo de um ciclo de cultivo de dez semanas. A água residuária foi obtida do descarte do cultivo após o ciclo. A água residuária dos tanques foi misturada ainda no LANOA e obtida em uma mesma saída .

### 4.2 Caracterização das Águas Residuárias

A caracterização das águas residuárias foi feita semanalmente determinando-se parâmetros físico-químicos (Tabela 1).

Tabela 1 – Métodos empregados para determinação das características da água residuária.

Parâmetro	Método	Referência (Eaton <i>et al.</i> , 2012)
DQO	Refluxo fechado	5220 D,
pH	Potenciométrico	-
Sólidos Suspensos Voláteis	Gravimétrico	2540 D; E,

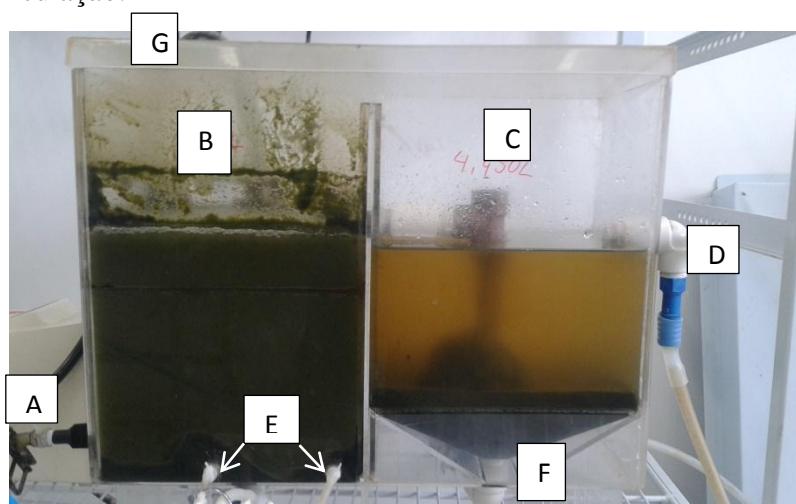
Fonte: elaborada pelo autor.

### 4.3 Sistema de Lodos Ativados em Escala de Laboratório

O sistema de lodos ativados foi projetado baseando-se em Van Haandel e Marais (1999) com algumas modificações e acréscimos para operar em batelada.

O sistema foi feito em acrílico, contendo um tanque retangular de tanque de aeração com fluxo ascendente, com volume de 5,8 L (Figura 1 -B), seguido de um decantador também retangular, que possui um cone no fundo para facilitar a sedimentação do lodo (Figura1 -C), com volume de 4,45 L e que possui uma saída no fundo para descarte e recirculação do efluente (Figura 1 -F). Parte do lodo sedimentado retornou ao tanque de aeração para aumentar a produção de biomassa. A vazão de recirculação correspondeu a 15 L/d. A aeração do tanque de reação foi feita com um compressor de ar e a distribuição com pedras de aeração (Figura 1 -E). O bombeamento da água residuária e do lodo recirculado foi feito com bomba peristáltica (Figura 1 -G).

Figura 1 – Sistema de lodos ativados em escala de laboratório utilizado na pesquisa. Legenda: A- Entrada da água residuária; B- Tanque de aeração; C- Decantador; D- Saída do efluente; E- Entradas de ar; F- Descarte de lodo e saída da recirculação; G- Entrada de recirculação.



Fonte: elaborada pelo autor.

A alimentação do reator foi por bombeamento, com aeração constante alternando entre compressor de ar e bomba.

#### **4.3.1 Inoculação**

O sistema foi inoculado com bioflocos gerados no tanque berçário do CEAC. Para isso, foram coletados 90 L de efluente do tanque berçário, os quais ficaram em repouso por 1 h para sedimentação do lodo. Em seguida, o sobrenadante foi retirado por

sifonamento e utilizado para encher o decantador. Os sólidos retidos na sedimentação ( $SSV=13,008 \text{ g/L}^{-1}$ ) foram transferidos para o tanque de aeração e alimentados com um  $\text{mL.L}^{-1}$  da solução de nutrientes e  $1 \text{ g.L}^{-1}$  de melaço por dez dias (período de adaptação do biofloco). Nesse período o efluente ficou em recirculação no sistema.

#### 4.3.2 Partida e Operação

Após dez dias o reator passou a ser alimentado com efluente do tanque berçário fertilizado com melaço, solução de nutrientes, ureia e fosfato monocálcico (razão 100C:5N:1P) (Von Sperling, 2002). O abastecimento do tanque de afluente era realizado com o aporte de 25 L de água residuária, duas vezes por semana, com um período de reposição de quatro dias. O reator em escala de bancada foi operado por 259 dias, mas neste trabalho analisou-se a partir do dia 70<sup>a</sup> dia com 189 dias de operação. O período contemplado foi de janeiro a julho de 2015 e representa a primeira etapa de um projeto maior. Os parâmetros operacionais estão listados na Tabela 2:

Tabela 2. Parâmetros operacionais do sistema de lodos ativados estudado

Parâmetro	Valores
Volume do tanque de reação	5,8 L
Vazão do sistema	5 $\text{L.d}^{-1}$
Vazão de recirculação	3,0 vezes a vazão do sistema
TDH	1,16 d
*COV aplicada	2,0 a 3,0 $\text{Kg DQO/m}^3.\text{d}^{-1}$
Idade do lodo	2 d

\*carga orgânica volumétrica aplicada

Fonte: elaborada pelo autor.

Para manter o ambiente do sistema o mais equilibrado possível, foi descartado 2 L de lodo do tanque de decantação diariamente.

#### 4.4 Monitoramento dos reatores

As variáveis monitoradas foram DQO total, duas vezes por semana, sendo uma análise do efluente do tanque de aeração e outra do afluente após sair do sistema. Sólidos suspensos (SSV) e totais (SST) uma vez por semana, e pH, diariamente, pelos métodos apresentados na Tabela 1. Nas análises de DQO foram adicionadas sulfato de mercúrio ( $\text{HgSO}_4$ ) para minimizar interferências causadas pelos cloretos, formando o precipitado  $\text{HgCl}_2$ , medida adaptada do protocolo de Eaton *et al.* (2012) para amostras salinas. Do tanque de decantação foram retiradas 10 mL de amostras, em duplicata, para determinação de SSV e SST, seguindo os métodos apresentados na Tabela 1.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados utilizados neste trabalho foram adquiridos a partir do dia 70 do experimento, período em que o meio já estava estabilizado e otimizado para as análises de sólidos suspensos devido ao estabelecimento da comunidade microbiana.

A caracterização do efluente, no reator de aeração, e do afluente com e sem os eventos de anaerobiose apresentaram os valores presentes na Tabela 3.

Tabela 3: Resultados da caracterização do efluente, com exclusão e inclusão dos eventos de anaerobiose.

		Média	Desvio Padrão
Aeróbio	pH	8	0,7
	*DQO afluente	2880	1345
	*DQO efluente	756	306
	*SSV	3365	763
	*SST	4020	1049
Anaerobiose	pH	8	0,7
	*DQO afluente	2969	1512
	*DQO efluente	828	758
	*SSV	3055	969
	*SST	3838	1287

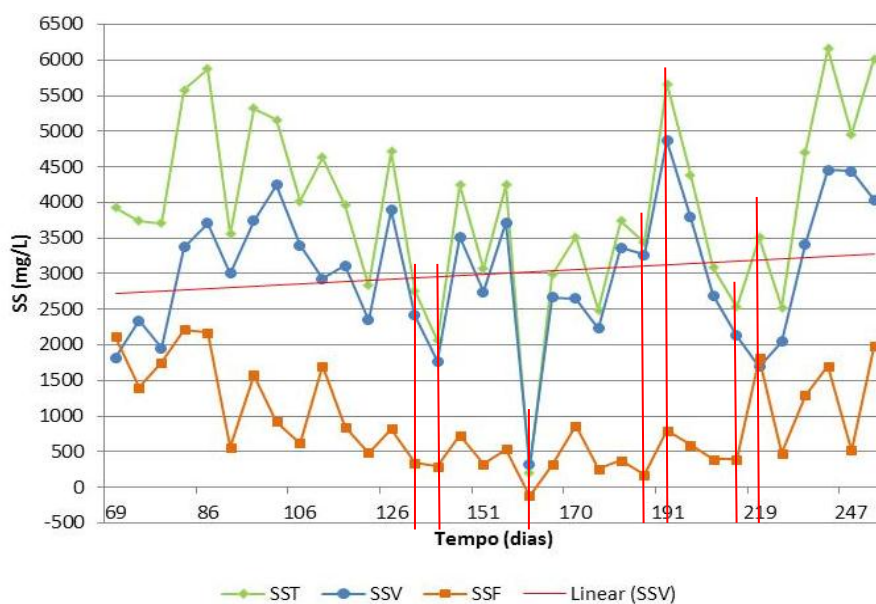
\*A unidade de medida destes parâmetros é mg/L

Fonte: elaborada pelo autor.

Nos gráficos 1 e 2 estão apresentados os resultados de sólidos suspensos, considerando ou não períodos de anaerobiose, respectivamente. A partir do Gráfico 1, observa-se que, apesar de ter havido problemas com o reator, existe tendência linear de aumento na concentração de bioflocos. Ainda no Gráfico 1, os valores de SST em comparação aos valores de sólidos suspensos fixos (SSF) indicam que a quantidade de matéria inorgânica nos sólidos suspensos é pequena, concluindo que o sistema produziu mais biomassa que matéria inorgânica.

Gráfico 1: Concentração de sólidos suspensos totais, voláteis, fixos e tendência linear dos sólidos suspensos voláteis mesmo com períodos de anaerobiose marcados na linha vertical.

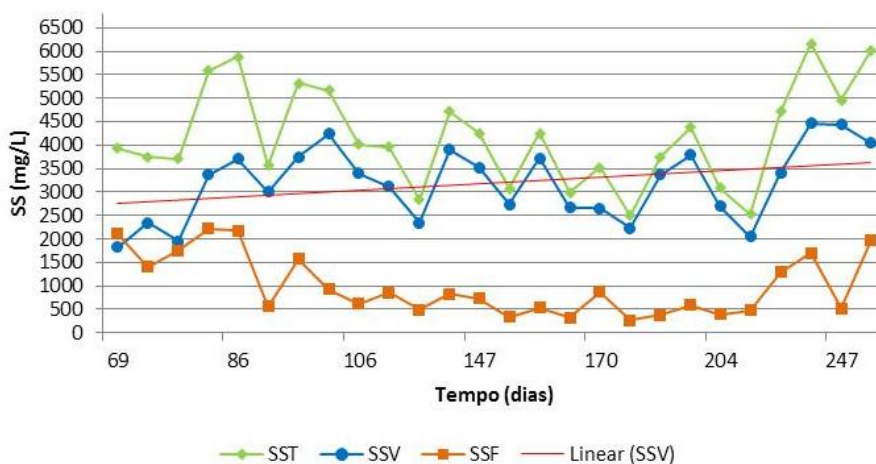




Fonte: elaborada pelo autor.

No Gráfico 2, foram excluídos eventos de anaerobiose demonstrando tendência ao aumento dos sólidos com o passar do tempo de modo mais evidente, ressaltando a importância da aeração na formação de biomassa.

Gráfico 2: Concentração de sólidos suspensos totais, voláteis, fixos e tendência linear dos sólidos suspensos voláteis sem períodos de anaerobiose.



Fonte: elaborada pelo autor.

A média utilizada para comparar ao resultado de outro trabalho foi retirada dos períodos sem anaerobiose, pois em operação regular com ambiente aerado, o crescimento de biomassa é contínuo.

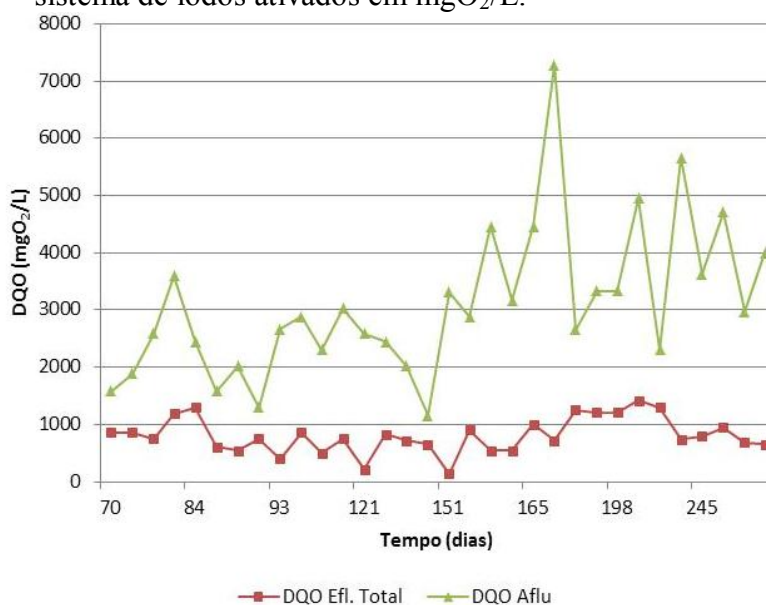
A média obtida para SSV foi de 3.365 mg/L, em comparação com Von Sperling (2002), os valores obtidos estão dentro do esperado para sistemas de tratamento por

lodos ativados com aeração prolongada (2.500 a 4.000 mg SSV/L). Ainda são escassos trabalhos que foquem na produção de biomassa em tratamento de efluentes da carcinicultura.

Inicialmente, esperava-se atingir 5 g de SSV/L no decantador do sistema, pois o indicado para recirculação de lodo é quando o reator apresenta a concentração 6 g/L (Von Sperling 2002), entretanto, houve falha no fornecimento de oxigênio para o sistema que entrou em anaerobiose em algumas ocasiões, e isso fez com que a maior concentração de biomassa atingida fosse próxima a 4 g.

A partir dos resultados da demanda química de oxigênio (DQO) observa-se que o sistema de tratamento está degradando a matéria orgânica e melhorando a qualidade da água. A média das 32 determinações (Gráfico 3) do efluente do sistema foi de 756 mgO<sub>2</sub>/L, com desvio padrão 306 mgO<sub>2</sub>/L, resultado menor que a média do afluente, 2.880 mgO<sub>2</sub>/L

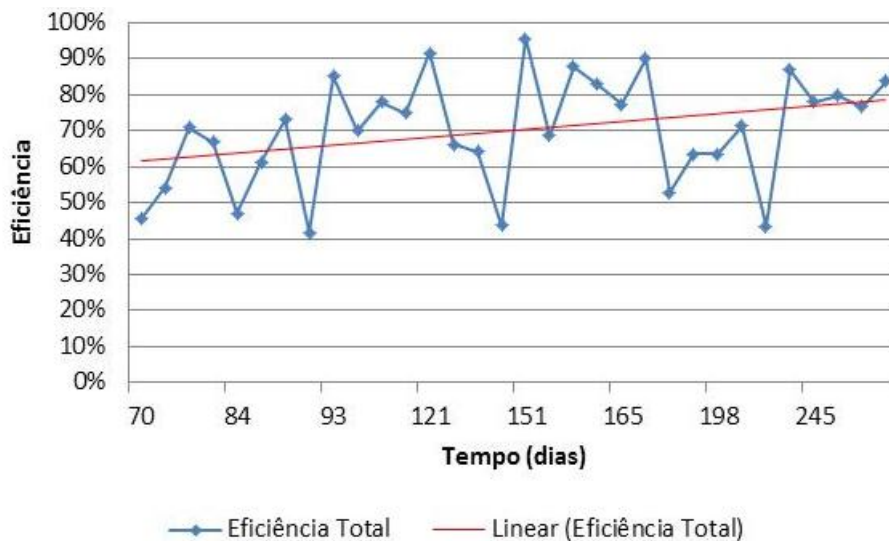
Gráfico 3: Demanda química de oxigênio afluente e efluente no sistema de lodos ativados em mgO<sub>2</sub>/L.



Fonte: elaborada pelo autor.

Apesar das oscilações na eficiência do tratamento, no Gráfico 4 pode-se observar que há melhoria na qualidade do efluente, com mínima de 42%, máxima 96% e média de 71% de eficiência no tratamento da remoção de DQO do efluente da carcinicultura.

Gráfico 4: Eficiência de tratamento do sistema.



Fonte: elaborada pelo autor.

Apesar da baixa eficiência de tratamento para um sistema de lodos ativados, que deve estar entre 90 a 95% (VON SPERLING, 2002), o objetivo principal do experimento foi gerar bioflocos. Entretanto, ao que se refere ao parâmetro de DQO, o experimento apresentou resultado satisfatório para a legislação do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 430 de 2011, que dispõe sobre padrões de lançamento de efluentes. A legislação aceita sistemas de tratamento que tenham eficiência mínima de remoção de DBO de 60%, entretanto, como na DQO detecta-se matéria orgânica não detectada na DBO, infere-se que eficiência de 71% na DQO, significa eficiência superior a 60% na remoção de DBO. Embora tenha alcançado o estabelecido pela legislação nacional, a DQO média do sistema não se enquadra na legislação do Conselho Estadual do Meio Ambiente (COEMA) nº 2 de 2017, do estado do Ceará, que estabelece DQO até 200 mg/L.

## 6 CONCLUSÕES

Embora tenham ocorrido eventos de anaerobiose, houve a produção de bioflocos e tendência de aumentar sua concentração.

As concentrações de SSV não atingiram o esperado de 5 g, mas foi obtido valor satisfatório quando comparado a outros trabalhos de produção externa de bioflocos e para produção de biomassa em reatores de lodos ativados.

Apesar de o tratamento do efluente não ter sido o objetivo central da pesquisa, o sistema satisfaz às normas Nacionais para o parâmetro de DQO, mas necessita ser otimizado para enquadrar-se no padrão Estadual.

## REFERÊNCIAS

BOOPATHY R.; BONVILLAIN C.; FONTENOT Q.; KILGEN M. - **Biological treatment of low-salinity shrimp aquaculture wastewater using sequencing batch reactor**. International Biodeterioration & Biodegradation 59 (2007) 16–19. Department of Biological Sciences, Nicholls State University, P.O. Box 2021, Thibodaux, LA 70310, USA Received 15 December 2005; accepted 5 May 2006 Available online 23 June 2006, -2007

BRASIL – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (CONAMA). **Resolução CONAMA N°430/2011**. Disponível em: <[http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/propresol\\_lanceflue\\_30e31mar11.pdf](http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/propresol_lanceflue_30e31mar11.pdf)> Acesso em: 28 Jun 2017.

CEARÁ – CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (COEMA). **Portaria N° 2, de fevereiro de 2017**. Disponível em: <<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=337973>> Acesso em: 28 Jun 2017.

CRAIG,S.R.; FLICK JR, G.J.; McLEAN, E. **Use of microbial flocs generated from tilapia effluent as a nutritional supplement for shrimp, Litopenaeus vannamei, in recirculating aquaculture systems**. Journal of the World Aquaculture Society, v.39, n.4, p.72-82, -2008.

DE MUYLDER E.; CLAESSENS L.; HERIZI M.; CREVETOPE. **-Production of shrimp (Litopenaeus vannamei) Without Marine Proteins In A Biofloc System**. Biofloc Production — AQUAFEED WINTER 2010. AQUAFEED from Aquafeed.com, -2010

EATON, A. D *et al.*, **Standard methods for the examination of water & wastewater**. 21. Ed. Washington, DC: American Public Health Association, 2012.

FÓES K. G., GANOVA C. A. P., POERSH L. H. **Cultivo em bioflocos (BFT) é eficaz na produção intensiva de camarões**. Visão Agrícola, Seguimento da Aquicultura nº11 jul | dez 2012. 28 a 32p., -2012

GANOVA, C.; SERRA, F.; POERSCH, L.; WASIELLESKY, W. **Suspended Solids Effects In Shrimp Biofloc Systems**. GLOBAL AQUACULTURE ADVOCATE. November/December 2013. 38 e 39 p., -2013

GANOVA, C. A.; FURTADO, P.; SERRA, F. P.; POERSCH, L.; WASIELLESKY, W. – **Sistema de bioflocos a importância e manejo dos sólidos suspensos**. – Panorama da aquicultura. Disponível em: <<http://www.panoramadaaquicultura.com.br/novosite/?p=1775>> Acesso em: março de 2017.

HARGREAVES J. A. - **Biofloc Production Systems for Aquaculture**. Southern Regional AquacultureCenter, SRAC Publication No. 4503 April 2013. 11p. -2013

KUHN, D. D.; BOARDMAN, G. D.; LAWRENCE, A. L.; MARSH, L.; FLICK JR, G. J. - Microbial floc meal as a replacement ingredient for fish meal and soybean protein in shrimp feed. -2009

KRUMMENAUER D.; SEIFERT JÚNIOR C. A.; POERSCH L. H.; FOES G. K.; LARA G. R.; WASIELESKY JUNIOR W. - **Cultivo de camarões marinhos em sistema de bioflocos: Análise da reutilização da água.** Atlantica, Rio Grande, 34(2) 103-111, 2012. doi: 10.5088/atl.2012.34.2.103,-2012

LARA, G.; KRUMMENAUER, D.; POERSCH, L.H.; WASIELESKY JR, W. - **Sistema de bioflocos: processos de assimilação e remoção do nitrogênio.** – Panorama da aquicultura. Disponível em: <<http://www.panoramadaaquicultura.com.br/novosite/?p=1881>> Acesso em: março de 2017.

MOURA, E. F. - **Geração De Bioflocos Em Sistema De Lodo Ativado Tratando Efluente De Carcinicultura.** Fortaleza, -2017.

SABRY NETO, H.; SANTAELLA, S. T.; NUNES, A. J. P.- **Bioavailability of crude protein and lipid from biofloc meals produced in na activated sludge system for white shrimp, Litopenaeus vannamei.** R. Bras. Zootec., 44(8):269-275, -2015

VAN-HAANDEL, A.; MARAIS, G. **O comportamento do sistema de lodo ativado.** Teoria e aplicações para projetos e operação. Campina Grande: egraf, 1999, 488 p., -1999

VON SPERLING, M.- **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Lodos ativados.** v. 4. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 2002. 428 p., -2002

VON SPERLING, M. - **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Princípios básicos do tratamento de esgotos.** v. 2. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 1996. 37 p., -1996