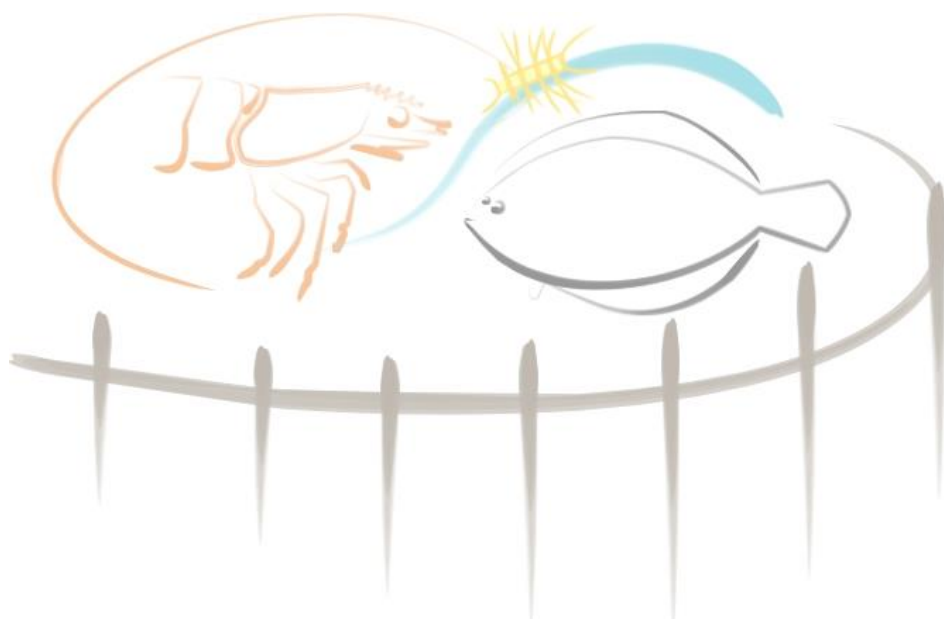




UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA



**ANÁLISE DE SÓLIDOS PRESENTES EM DIFERENTES MEIOS NO
SISTEMA DE BIOFLOCOS: SEDIMENTADORES, CORRELAÇÃO E
REGRESSÃO**

MAGNA SANTOS

Rio grande, RS

2025

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE - FURG
INSTITUTO DE OCEANOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA

**ANÁLISE DE SÓLIDOS PRESENTES EM DIFERENTES MEIOS NO
SISTEMA DE BIOFLOCOS: SEDIMENTADORES, CORRELAÇÃO E
REGRESSÃO**

MAGNA SANTOS

Dissertação apresentada como parte dos requisitos
para obtenção do grau de Mestre em Aquicultura
no Programa de Pós-Graduação em Aquicultura da
Universidade Federal do Rio Grande-FURG.

Orientador: Prof. Dr. Wilson Wasielesky Jr.

Co-orientador: Dr. Júlio Cesar Zemor

Rio grande, RS
Fevereiro de 2025

Ficha Catalográfica

S237a Santos, Magna.

Análise de sólidos presentes em diferentes meios no sistema de bioflocos: sedimentadores, correlação e regressão / Magna Santos. – 2025.

70 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Programa de Pós-Graduação em Aquicultura, Rio Grande/RS, 2025.

Orientador: Dr. Wilson Wasielesky Jr.

Coorientador: Dr. Júlio Cesar Zemor.

1. Bioflocos 2. Camarão 3. Sólidos, 4. Sedimentação 5. Cone
Imhoff I. Wasielesky Jr., Wilson II. Zemor, Júlio Cesar III. Título.

CDU 639.512

Catálogo na Fonte: Bibliotecário José Paulo dos Santos CRB 10/2344



ATA 04/2025

ATA DE DEFESA DA 248ª DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AQUICULTURA

No dia vinte e um de fevereiro de dois mil e vinte e cinco, às quatorze horas e trinta minutos, reuniu-se a Banca Examinadora de Dissertação de Mestrado em Aquicultura, de **MAGNA DOS SANTOS SILVA**, orientada pelo Prof. Dr. Wilson Wasielesky Junior, composta pelos seguintes membros: Prof. Dr. Wilson Wasielesky Junior (Orientador – IO/FURG), Prof. Dr. Julio Cesar Zemor (Coorientador/FURG), Prof. Dr. Dariano Krummenauer (IO/FURG) e Prof. Dr. Carlos Augusto Prata Gaona (UNESP). Título da Dissertação: “ANÁLISE DE SÓLIDOS PRESENTES EM DIFERENTES MEIOS NO SISTEMA DE BIOFLOCOS: SEDIMENTADORES, CORRELAÇÃO E REGRESSÃO”. Dando início à defesa, o Coordenador do PPGAq Prof. Dr. Ricardo Vieira Rodrigues, passou a presidência da sessão ao Prof. Dr. Wilson Wasielesky Junior, que na qualidade de orientador, passou a palavra para a candidata apresentar a Dissertação. Após ampla discussão entre os membros da Banca e a candidata, a Banca se reuniu sob a presidência do Coordenador. Durante esse encontro ficou estabelecido que as sugestões dos membros da Banca Examinadora devem ser incorporadas na versão final da Dissertação, ficando a cargo do Orientador o cumprimento desta decisão. A candidata **MAGNA DOS SANTOS SILVA** foi considerada **APROVADA**, devendo a versão definitiva da Dissertação ser entregue a Secretaria do PPGAq, no prazo estabelecido nas Normas Complementares do Programa. Nada mais havendo a tratar, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, será assinada pela Banca Examinadora, pela candidata e pelo Coordenador do PPGAq.

Documento assinado digitalmente
gov.br WILSON FRANCISCO BRITTO WASIELESKY JUNIOR
Data: 21/02/2025 18:44:54 -0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

PROF. DR. WILSON WASIELESKY JUNIOR (ORIENTADOR – IO/FURG)

PROF. DR. JULIO CESAR ZEMOR (COORIENTADOR/FURG) **gov.br** JULIO CESAR ZEMOR
Data: 23/02/2025 10:53:06 -0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

PROF. DR. DARIANO KRUMMENAUER (IO/FURG)

Documento assinado digitalmente
gov.br DARIANO KRUMMENAUER
Data: 24/02/2025 11:02:22 -0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

PROF. DR. CARLOS AUGUSTO PRATA GAONA (UNESP) **gov.br** CARLOS AUGUSTO PRATA GAONA
Data: 24/02/2025 11:57:48 -0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

MAGNA DOS SANTOS SILVA

Documento assinado digitalmente
gov.br MAGNA DOS SANTOS SILVA
Data: 24/02/2025 11:22:11 -0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

PROF. DR. RICARDO VIEIRA RODRIGUES (Coordenador do PPGAq)

Documento assinado digitalmente
gov.br RICARDO VIEIRA RODRIGUES
Data: 21/02/2025 16:57:34 -0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

ÍNDICE

DEDICATÓRIA	vii
AGRADECIMENTOS	viii
LISTA DE TABELAS	ix
LISTA DE FIGURAS	xi
RESUMO GERAL	12
ABSTRACT	14
1. Introdução	16
2. Objetivos	19
2.1 Objetivo geral	19
2.2 Objetivo específicos	19
3. Experimento I: eficiência de coagulantes e floculantes para análises de sólidos sedimentáveis correlacionados com diferentes faixas de sólidos suspensos totais.....	19
3.1 Material e métodos	19
3.1.2 Local das instalações experimentais.....	19
3.1.3 Descrição dos sistemas experimentais e produtos	19
3.1.4 Análise estatística	21
4. Resultados	21
5. Discussão.....	23
6. Conclusão	25
7. Experimento II: Estimativa dos sólidos suspensos totais em função dos sólidos sedimentáveis e da turbidez utilizando coagulantes e floculantes	26
7.1 Material e métodos.....	26
7.1.2 Local das instalações experimentais	26
7.1.3 Descrição dos sistemas experimentais e produtos	26
7.1.4 Monitoramento da qualidade de água	28
7.1.5 Avaliação da comunidade de microrganismos	29
7.1.6 Composição proximal	30
7.1.7 Desempenho zootécnico	30
7.1.8 Análise estatística.....	31
8. Resultados	31
8.1 Monitoramento da qualidade de água	31
8.2 Avaliação da comunidade de microrganismos	38

8.3 Composição proximal	38
8.4 Desempenho zootécnico.....	39
8.5 Análises de correlação e regressão entre sólidos suspensos totais, sólidos sedimentáveis e turbidez	41
9. Discussão.....	41
9.1 Monitoramento da qualidade de água	41
9.2 Avaliação da comunidade de microrganismos	42
9.3 Composição proximal	43
9.4 Desempenho zootécnico.....	44
9.5 Análises de correlação e regressão entre sólidos suspensos totais, sólidos sedimentáveis e turbidez	44
10. Conclusão	47
11. Conclusão geral e considerações finais.....	47
12. Referências	48
Anexos	57

Dedicatória

Salvio Magno (*in memoriam*).

Agradecimentos

Primeiramente à Deus por ter me dado força e coragem durante todos esses anos de estudos, principalmente nos dias mais difíceis.

Ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura pela oportunidade de realizar o mestrado e à CAPES pela disponibilidade da bolsa de estudos.

Ao meu coorientador Dr. Júlio Cesar Zemor pelos ensinamentos, apoio, amizade e por todas as conversas e puxões de orelhas que me motivou e incentivou a sempre melhorar. Por ter me acolhido em vários momentos difíceis e sempre demonstrado que se preocupa comigo.

Ao meu orientador Dr. Wilson Wasielesky pelos ensinamentos e conhecimentos repassados durante esses dois anos.

A equipe do projeto camarão e aos professores do programa de pós-graduação pela oportunidade de buscar novos conhecimentos ao longo dessa jornada.

Aos meus amigos do programa de pós-graduação em aquicultura, pelas risadas e momentos de diversão.

Agradeço ao meu noivo Ivanilson Santos por todo o apoio, amor e carinho que tens por mim, por ser minha dupla e parceiro em todas as situações, nas rotinas diárias dos experimentos, na escrita e na vida. Por sempre me motivar a continuar, pelas conversas aleatórias e por fazer de tudo para sempre me ver sorrindo. Seu cuidado é fundamental. Amo você!

Por último agradeço a minha família mãe, pai, irmã, irmãos e sobrinha. Sabemos que o ano de 2024 não foi tão bom o quanto planejávamos e esperávamos, tivemos que aprender a conviver com a perda e seguir em frente com uma saudade que nada conseguira preencher. Obrigada a minha mãe, dona Carminha pelas ligações diárias e entender meus sonhos, por todo cuidado e apoio, por sempre me incentivar a seguir em frente. Obrigada ao meu irmão Tainã, pelas mensagens aleatórias que me fazia rir e esquecer as preocupações. Espero que um dia vocês consigam entender que a distância não significa nada, comparada a nossa amizade. Ao meu irmão Sálvio Magno por todo cuidado, você se foi, mais sei que continua cuidando de mim aí do céu, minha estrelinha.

Lista de tabela

Tabela 1. Doses definidas para cada produto no tratamento predominantemente fotoautotrófico para as diferentes faixas de sólidos suspensos totais (SST).	20
Tabela 2. Doses definidas para cada produto no tratamento predominantemente heterotrófico para as diferentes faixas de sólidos suspensos totais (SST).....	21
Tabela 3. Coeficiente de determinação (R^2) entre sólidos suspensos totais (SST), turbidez e sólidos sedimentáveis (SS) das diferentes doses testadas para os produtos policloreto de alumínio (100%; PA), sulfato de cobre (19,5%; SC) e sulfato de alumínio (100%; SA) no tratamento predominantemente fotoautotrófico e heterotrófico.	22
Tabela 4. Tabela 4. Doses definidas para cada produto no meio predominantemente fotoautotrófico de acordo com a faixa de sólidos suspensos totais (SST).	27
Tabela 5. Doses definidas para cada produto no meio predominantemente heterotrófico de acordo com a faixa de sólidos suspensos totais (SST).....	27
Tabela 6. Doses definidas para cada produto no meio predominantemente quimioautotrófico de acordo com a faixa de sólidos suspensos totais (SST).....	28
Tabela 7. Valores médios e desvio padrão dos parâmetros físicos e químicos da água dos tratamentos predominantemente fotoautotrófico, heterotrófico e quimioautotrófico durante 70 dias de cultivo do <i>Penaeus vannamei</i>	32
Tabela 8. Valores médios e desvio padrão da composição proximal dos bioflocos nos meios predominantemente fotoautotrófico, heterotrófico e quimioautotrófico durante 70 dias de cultivo do <i>Penaeus vannamei</i>	38
Tabela 9. Valores médios e desvio padrão dos parâmetros de desempenho zootécnico do <i>Penaeus vannamei</i> nos meios predominantemente fotoautotrófico, heterotrófico e quimioautotrófico durante 70 dias de cultivo.	39
Tabela 10. Coeficiente de determinação (R^2) entre sólidos suspensos totais (SST), turbidez e sólidos sedimentáveis (SS) do cone sem produto e das diferentes doses testadas dos produtos policloreto de alumínio (100%; PA), sulfato de cobre (19,5%; SC) e sulfato de alumínio (100%; PA), sulfato de cobre (19,5%; SC) e sulfato de alumínio (100%; SA)	

nos tratamentos predominantemente fotoautotrófico, heterotrófico e quimioautotrófico, durante 70 dias de cultivo de *Penaeus vannamei*.....39

Tabela 11. Equação da reta da regressão quadrática entre os sólidos suspensos totais (SST), turbidez e sólidos sedimentáveis (SS) do cone sem produto e da melhor dose para cada produto, policloreto de alumínio (100%; PA), sulfato de cobre (19,5%; SC) e sulfato de alumínio (100%; SA), durante 70 dias de cultivo do *Penaeus vannamei* nos tratamentos predominantemente fotoautotrófico, heterotrófico e quimioautotrófico.41

Lista de figuras

- Figura 1.** Valores médios semanais da variação do oxigênio dissolvido durante 70 dias de experimento no cultivo de *Penaeus vannamei* em meios predominantemente fotoautotrófico, heterotrófico e quimioautotrófico. As linhas verticais indicam o desvio padrão.33
- Figura 2.** Valores médios $\pm$ desvio padrão do NAT (a) e nitrito N-NO_2^- (b), durante 70 dias de experimento no cultivo de *Penaeus vannamei* nos tratamentos predominantemente fotoautotrófico, heterotrófico e quimioautotrófico. As linhas verticais indicam o desvio padrão.34
- Figura 3.** Valores médios $\pm$ desvio padrão semanal da variação dos sólidos suspensos totais (SST), durante 70 dias de experimento no cultivo de *Penaeus vannamei*. Valores monitorados no cone Imhoff sem a aplicação de produtos. As linhas verticais indicam o desvio padrão.35
- Figura 4.** Valores médios $\pm$ desvio padrão semanal da variação dos sólidos sedimentáveis (SS), durante 70 dias de experimento no cultivo de *Penaeus vannamei*. Valores monitorados no cone Imhoff sem a aplicação de produtos. As linhas verticais indicam o desvio padrão.35
- Figura 5.** Valores médios $\pm$ desvio padrão da turbidez durante 70 dias de experimento no cultivo de *Penaeus vannamei* nos tratamentos predominantemente fotoautotrófico, heterotrófico e quimioautotrófico. As linhas verticais indicam o desvio padrão.36
- Figura 6.** Média $\pm$ desvio padrão da abundância dos (microrganismos. mL^{-1}), flagelados (a), ciliados (b), rotíferos (c), nematóides (d), ameba (e), oocystis (f), planctonema (g) e diatomáceas (h). Letras diferentes indicam diferença significativa resultados do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas de Dunn. As linhas verticais indicam o desvio padrão.37

1 **Resumo geral**

2 O sistema de Bioflocos (BFT) vem sendo aplicada em cultivos intensivos e
3 superintensivos como forma de promover cultivos mais sustentáveis com baixas trocas
4 de água e elevada produtividade. Porém, o excesso de sólidos gerados nesse sistema pode
5 ocasionar diferentes problemas ao cultivo e necessitam ser monitorados constantemente.
6 Entretanto, a correlação que existe entre as análises de sólidos sedimentáveis (SS) nem
7 sempre é forte quando comparado aos sólidos suspensos totais (SST) e turbidez. O
8 presente estudo objetivou aprimorar metodologias adequadas de sólidos sedimentáveis
9 através da aplicação de diferentes doses de três produtos químicos em meios de cultivo
10 do *Penaeus vannamei*, predominantemente fotoautotrófico, heterotrófico e
11 quimioautotrófico nas análises de sólidos sedimentáveis para correlacionar com os
12 sólidos suspensos totais e turbidez, além de avaliar os parâmetros de qualidade de água,
13 abundância de microrganismos, composição proximal e desempenho zootécnico do
14 camarão. Os produtos químicos utilizados para favorecer a sedimentação no cone Imhoff
15 foram, policloreto de alumínio (100%; PA) sulfato de cobre (19,5%; SC) e sulfato de
16 alumínio (100%; SA). Essa pesquisa foi dividida em dois experimentos. O experimento I
17 foi conduzido durante 60 dias composto por dois tratamentos: meio predominantemente
18 fotoautotrófico e um meio predominantemente heterotrófico, onde foi avaliado a
19 eficiência de várias doses dos produtos químicos na compactação e sedimentação das
20 análises de SS em diferentes faixas de SST. O estudo revelou que, os produtos policloreto
21 de alumínio e sulfato de alumínio apresentaram melhor atuação em termos de correlações
22 e compactação dos sólidos nas doses mínimas, enquanto o produto sulfato de cobre
23 mostrou maior eficiência nas doses máximas. O experimento II foi conduzido durante 70
24 dias, composto por três tratamentos meio predominantemente fotoautotrófico; meio
25 predominantemente heterotrófico e um meio predominantemente quimioautotrófico. Os
26 camarões com peso médio inicial de 1,17g foram estocados na densidade de 500
27 camarões/m³. Os parâmetros de qualidade de água, composição proximal e desempenho
28 zootécnico mantiveram-se dentro do aceitável. Os resultados indicaram que os produtos
29 químicos policloreto de alumínio (100%; PA) e sulfato de alumínio (100%; SA)
30 possibilitaram melhor decantação e compactação dos sólidos nas análises de cone Imhoff
31 nos tratamentos fotoautotrófico e heterotrófico, apresentando fortes correlações. Exceto
32 a dose máxima do produto sulfato de alumínio (100%; SA) no meio predominantemente

33 heterotrófico que fez com que os sólidos não compactassem no cone Imhoff afetando a
34 sua leitura. É aconselhado ao produtor que os valores de SST possam ser estimados além
35 do cone, através da turbidez, por ser uma análise prática, rápida e devido a sua correlação
36 muito forte observada durante o experimento.

37 Palavra-chave: Bioflocos, camarão, sólidos, sedimentação, cone Imhoff.

38

39

40

41

42

43

44

45

46

47

48

49

50

51

52

53

54

55

56

57

58

59

60

61

62

63

64

65 **Abstract**

66 Biofloc system has been applied in intensive and super-intensive to promote more
67 sustainable cultures with low water exchanges and high productivity. However, the
68 excess solids generated throughout the culture can cause serious problems and must be
69 constantly monitored. However, in some cases, the correlation between total suspended
70 solids and settleable solids may be weaker than that observed with turbidity. Thus, the
71 present study aimed to optimize appropriate methodologies for measuring settleable
72 solids by applying different doses of chemical products in the culture media of *Penaeus*
73 *vannamei* with photoautotrophic, heterotrophic, and chemoautotrophic predominance in
74 the Imhoff cone to establish correlations with total suspended solids and turbidity. The
75 study also evaluated water quality parameters, microbial community composition,
76 bioflocs proximal composition, and shrimp performance. The chemical products used to
77 promote sedimentation in the Imhoff cone were aluminum polychloride (100%), copper
78 sulfate (19.5%), and aluminum sulfate (100%). This research was divided into two
79 experiments. The first experiment was conducted for 60 days and consisted of two
80 treatments: a predominantly photoautotrophic medium and a predominantly heterotrophic
81 medium, in which the efficiency of various doses of the products in the compaction and
82 sedimentation of settleable solids was evaluated across different total suspended solids
83 ranges. The study revealed that the aluminum polychloride and aluminum sulfate
84 performed better in terms of correlations and compaction of solids at minimum doses,
85 while copper sulfate showed higher efficiency at maximum doses. The second experiment
86 was conducted for 70 days and consisted of three treatments: a predominantly
87 photoautotrophic medium; a predominantly heterotrophic medium, and a predominantly
88 chemoautotrophic medium. Shrimp with an initial weight of 1.17g were stocked at a
89 density of 500 shrimp. m⁻³. The water quality parameters, bioflocs proximal composition,
90 and shrimp performance remained within acceptable. The results indicated that aluminum
91 polychloride and aluminum sulfate optimized the decantation and compaction of solids
92 in the Imhoff cone for the photoautotrophic and heterotrophic treatments, showing strong
93 correlations. Except for the maximum dose of aluminum sulfate in the predominantly
94 heterotrophic medium, which did not cause compaction of solids in the Imhoff cone and
95 affected its reading. In addition to the cone, the producer is advised to estimate total

96 suspended solids values through turbidity, as it is a practical and quick analysis with a
97 very strong correlation observed during the experiment.

98 Keywords: Bioflocs, shrimp, solids, sedimentation, Imhoff cone.

99

100

101

102

103

104

105

106

107

108

109

110

111

112

113

114

115

116

117

118

119

120

121

122

123

124

125

126

127

128 **1. Introdução**

129 Na aquicultura, os sistemas fechados são caracterizados por baixas trocas de água,
130 elevadas densidades, aumento da biossegurança e melhoria da qualidade de água do
131 cultivo, como por exemplo, o sistema de recirculação de água (Recirculating Aquaculture
132 System - RAS) e o sistema de bioflocos (Biofloc System - BFT System) (Ray et al., 2017;
133 Soaudy et al., 2023). O sistema de Bioflocos (BFT), vem sendo aplicada em cultivos
134 intensivos e superintensivos como forma de promover cultivos mais sustentáveis com
135 mínimas ou nulas trocas de água, manipulando a relação carbono nitrogênio para que uma
136 biota heterotrófica possa assimilar o nitrogênio inorgânico amoniacal e transformá-lo em
137 proteína microbiana (Avnimelech, 2007; Emerenciano et al., 2017; Hargreaves, 2006). A
138 utilização dessa tecnologia promove melhor reaproveitamento dos nitrogenados, das
139 fezes, sobras de ração e outros resíduos da produção, formando agregados microbianos
140 ricos em proteína que, constantemente aerados em suspensão na coluna d'água e níveis
141 adequados de oxigênio, possam ser consumidos pelos organismos cultivados
142 (Avnimelech, 1999; Azim e Little, 2008; Hargreaves, 2013; Luo et al., 2014; Sgnaulin et
143 al., 2020).

144 Os bioflocos estão em um processo constante de incremento da matéria orgânica
145 durante o ciclo de produção, agregando zooplâncton, bactérias, protozoários, fungos,
146 microalgas dentre outros em suspensão, compondo os sólidos suspensos totais (SST)
147 (Emerenciano et al., 2022; Krummenauer et al., 2011). De acordo com, Schryver et al.
148 (2008) SST é a medida que determina a quantidade de material particulado presente na
149 água (orgânico e inorgânico), e que, portanto, devem ser controladas para o correto
150 funcionamento do sistema. O excesso de sólidos pode ocasionar diferentes problemas ao
151 cultivo como o aumento na taxa de respiração, oclusão de brânquias, dificultar as trocas
152 gasosas, resultando em baixas taxas de sobrevivência (Emerenciano, 2017; Hargreaves,
153 2013). Além disso, pode dificultar o estabelecimento e atividade das bactérias
154 nitrificantes (Gaona et al., 2017; Minabi et al., 2020), causar infecções por bactérias
155 patogênicas, diminuir os níveis de oxigênio devido a presença de zonas anaeróbicas e até
156 causar sabor desagradável no consumo de peixes e camarões (Van Wyk e Scarpa, 1999).
157 Ebeling et al. (2006) relata que o SST é depois do oxigênio o segundo fator limitante para
158 o aumento da produtividade no sistema de bioflocos. O controle dos sólidos pode ser feito

através da utilização de clarificadores ou renovações pontuais de água, e conservar a qualidade de água do sistema (Hargreaves, 2013; Zemor et al., 2019).

Pesquisas mostram que concentrações de SST mantidas na faixa de 100-300 mg L⁻¹ para sistema superintensivo é o mais adequado para o desenvolvimento de camarões e o bom funcionamento do sistema (Gaona et al., 2017). Existem diferentes metodologias de monitoramento dos sólidos para sistema BFT. Os sólidos sedimentáveis (SS) são considerados bioflocos em suspensão que sedimentam. O cone Imhoff é uma ferramenta de medida utilizada para monitorar esse parâmetro por ser rápida, fácil e prática para determinar a quantidade de sólidos no tanque de cultivo (Samocha et al., 2017). Segundo Hargreaves (2013), a faixa ideal para uma concentração de SS em sistema de bioflocos é 10 a 15 ml L⁻¹ para camarões. O método de gravimetria é utilizado para o monitoramento dos SST, sendo realizado através da filtragem de amostras em filtros de fibra de vidro (Strickland e Parsons, 1972). Já a turbidez é analisada através de um turbidímetro por ser fácil de usar e apresentar resultados rápidos e precisos (Samocha et al., 2017).

Os métodos utilizados para essas leituras como a gravimetria segundo método de Strickland e Parsons (1972), e o método de sedimentação utilizando o cone Imhoff segundo APHA (1998) por exemplo, nem sempre apresentam uma forte correlação entre as suas análises, que podem levar o produtor a diferentes avaliações e tomadas de decisão no manejo do cultivo. Em pesquisas, a correlação que existe entre o SST e turbidez, é considerada forte ($R^2 = 0,916$), fato este que nem sempre é possível observar em sistemas superintensivo quando correlacionam os SST com os SS (Samocha et al., 2017). Conforme observado nos estudos de (Gaona et al., (2017) e (Schveitzer et al., (2013) em sistema de bioflocos, é possível identificar que nem sempre se observa uma relação direta entre leituras de SST e SS ao longo do ciclo de produção.

No sistema de bioflocos, podemos considerar três vias principais para ciclagem dos compostos nitrogenados gerados sendo elas, duas vias bacterianas (quimioautotrófica e heterotrófica) e outra fotoautotrófica. Na grande maioria os sistemas BFT em uso comercial são de “água verde”, dominadas por microalgas, ou seja, de predomínio fotoautotrófica. Porém, alguns sistemas que são instalados em locais fechados com menor exposição a luz natural (estufas agrícolas), ou sombreados, são dominados por uma água de coloração marrom, considerada de predomínio heterotrófica, onde principalmente os processos bacterianos controlam a qualidade da água (Emerenciano et al., 2017;

191 Hargreaves, 2013). Já em água com dominância "quimioautotrófica", as bactérias
192 nitrificantes utilizam compostos inorgânicos como fonte de energia durante o processo de
193 nitrificação, incorporando parte do nitrogênio em sua biomassa, onde a demanda por
194 alcalinidade pode ser significativamente maior, dependendo das características do sistema
195 adotado (Ebeling et al., 2006). Dentre as três condições citadas acima, os sistemas de
196 bioflocos predominantemente fotoautotrófico nas análises de SS apresentam maior
197 dificuldade em sedimentar e/ou compactar no cone Imhoff quando comparado com os
198 sistemas predominantemente heterotróficos e/ou quimioautotróficos, devido a
199 predominância de microalgas (Zemor et al., 2019). Portanto, é necessário compreender
200 as causas destas inconsistências e buscar o aprimoramento desta metodologia para
201 melhorar o processo de sedimentação que está diretamente relacionada às leituras dos SS.

202 Na busca por alternativas para aprimorar o processo de sedimentação dos bioflocos
203 no cone Imhoff dominados por microalgas, existem alguns produtos coagulantes e
204 flocculantes na indústria, bastante utilizados para o tratamento de água e efluentes. Estes
205 coagulantes e flocculantes são divididos em dois grupos: inorgânicos e orgânicos. O
206 sulfato de alumínio, policloreto de alumínio e sulfato de cobre, são considerados
207 coagulantes inorgânicos, sendo o sulfato de alumínio e o policloreto de alumínio
208 amplamente utilizados devido à sua eficiência na redução de alguns parâmetros como
209 turbidez, cor, SST e demanda biológica de oxigênio no tratamento de água de efluentes
210 em esgoto (Ahmad et al., 2021; Duan e Gregory, 2003). Entre os coagulantes orgânicos
211 mais utilizados, podemos destacar o tanino, quitosana, lactato de cálcio e amido (Choy et
212 al., 2017; Devesa-Rey et al., 2011; Ribeiro et al., 2022).

213 Apesar disso, o processo de coagulação e floculação em análises no sistema de
214 bioflocos é considerado uma novidade no controle de sólidos. A coagulação tem como
215 finalidade formar flocos e neutralizar os colóides carregados negativamente que quando
216 adicionado um agente coagulante aos sólidos faz com que reduza a força repulsiva entre
217 essas partículas, enquanto os flocculante uni os flocos e são utilizados para acelerar a taxa
218 de floculação ou para reforçar os flocos formados (Ebeling et al., 2003). Onde em alguns
219 estudos com o uso de coagulantes orgânicos vêm sendo realizado para remoção dos
220 bioflocos reduzindo até 90,81% da turbidez da água no sistema de bioflocos (Santos et
221 al., 2018; Ribeiro et al., 2022). Porém, até o presente momento nenhum estudo foi

222 realizado com a utilização desses produtos para causar a sedimentação dos SS em cone
223 Imhoff.

224 As diferentes composições de água (fotoautotrófica, heterotrófica e
225 quimioautotrófica), e as alterações ou transições de microrganismos ao longo do cultivo
226 podem gerar diferentes respostas na sedimentação dos sólidos nas análises SS e
227 coagulantes ou floculantes podem ser testados a fim de acelerar esse processo e melhorar
228 a leitura nas análises de SS, bem como reforçar a sua correlação com as análises de SST.

229

230 **2. Objetivos**

231 **2.1 Objetivo geral**

232 Aprimorar metodologias adequadas através da aplicação de diferentes doses de três
233 produtos químicos nas análises de SS em meios de cultivo do *Penaeus vannamei*,
234 predominantemente fotoautotrófico, heterotrófico e quimioautotrófico.

235

236 **2.2 Objetivos específicos**

237 Definir doses de diferentes produtos químicos para forçar a sedimentação dos SS
238 nas análises de cone Imhoff e correlacionar com SST e turbidez;

239 Avaliar as variáveis físicas e químicas da água nos diferentes meios;

240 Qualificar e quantificar a comunidade de microrganismos presentes nos diferentes
241 meios;

242 Avaliar a composição proximal dos bioflocos;

243 Avaliar o desempenho zootécnico dos camarões nos diferentes tipos de meio.

244

245 **3. Experimento I: eficiência de coagulantes e floculantes para análises de sólidos** 246 **sedimentáveis correlacionados com diferentes faixas de sólidos suspensos** 247 **totais**

248

249 **3.1 Material e métodos**

250 **3.1.2 Local das instalações experimentais**

251 O experimento foi realizado na Estação Marinha de Aquacultura (EMA) do
252 Instituto de Oceanografia (IO) da Universidade Federal do Rio Grande (FURG),
253 localizada na Praia do Cassino (32°12/S e 51°50/W), Rio Grande, RS, Brasil.

254

255 3.1.3 Descrição dos sistemas experimentais e produtos

256 O experimento teve duração de 60 dias e foi composto por dois tratamentos: meio
257 predominantemente fotoautotrófico e um meio predominantemente heterotrófico. O
258 sistema foi caracterizado seguindo (Hargreaves, 2013). As unidades experimentais foram
259 alocadas em uma estufa aquícola e contaram com aquecedores 300 W para manter a
260 temperatura da água em 28 °C e um sistema de aeração com mangueiras porosas de
261 difusão (Aerotube®) conectadas a um soprador (Ibram®). Os bioflocos usados nesse
262 estudo foram provenientes de cultivos em andamento na EMA e concentrados em caixas
263 de 500 L para atingir uma concentração de 600 mg. L⁻¹ de SST. Foram estocados
264 camarões *P. vannamei* com peso médio de 15,00 g para manutenção dos bioflocos. A
265 água clara com salinidade de 30 g. L⁻¹ utilizada para as diluições foi tratada e mantida em
266 temperatura de 28 °C.

267 Os produtos químicos utilizados para favorecer a sedimentação de sólidos
268 sedimentáveis no cone Imhoff foram o policloreto de alumínio (100%; PA), sulfato de
269 cobre (19,5%; SC) e sulfato de alumínio (100%; SA) sendo obtidos em estabelecimento
270 comercial, o SA em pó foi diluído em água destilada (30 g. L⁻¹) antes da aplicação nas
271 análises de SS para facilitar a distribuição em cone Imhoff. Foram definidas sete doses
272 para cada produto com base nas recomendações dos fabricantes, sumarizado nas Tabela
273 1 e 2, para testar a eficiência desses produtos na sedimentação dos sólidos e assim definir
274 as melhores doses em diferentes faixas de SST. O experimento iniciou-se na faixa de 600
275 mg. L⁻¹ de SST e foi diminuindo através das diluições até atingir a faixa de 25 mg. L⁻¹ de
276 SST.

277 As diluições foram realizadas diretamente no cone Imhoff e as diferentes faixas de
278 SST definidas para as diluições e aplicação das doses para correlacionar com SS e
279 turbidez foram as seguintes: 600, 500, 400, 350, 300, 250, 200, 150, 100, 75, 50 e 25 mg.
280 L⁻¹ de SST.

281

282 **Tabela 1.** Doses definidas para cada produto no tratamento predominantemente
283 fotoautotrófico para as diferentes faixas de sólidos suspensos totais (SST).

Doses (ml. L ⁻¹)						
Policloreto de alumínio (100%; PA)						
0,006	0,010	0,015*	0,020	0,025	0,030	0,060

Sulfato de cobre (19,5%; SC)						
0,007*	0,060	0,075	0,090	0,105	0,120	0,130
Sulfato de alumínio (100%; SA)						
0,160	0,333	0,666	0,833	1,333*	2,000	2,600

*Dose do fabricante

284

285 **Tabela 2.** Doses definidas para cada produto no tratamento predominantemente
286 heterotrófico para as diferentes faixas de sólidos suspensos totais (SST).

Doses (ml. L ⁻¹)						
Policloreto de alumínio (100%; PA)						
0,006	0,010	0,015*	0,020	0,025	0,030	0,060
Sulfato de cobre (19,5%; SC)						
0,002	0,004	0,007*	0,010	0,014	0,028	0,056
Sulfato de alumínio (100%; SA)						
0,160	0,830	0,883	1,333*	2,000	2,600	5,300

287 *Dose do fabricante

288

289 As diluições para atingir a faixa de SST desejada foram realizadas utilizando as
290 seguintes fórmulas: $C_1 * V_1 = C_2 * V_2$ e $V_2 - V_1$

291 Onde, C_1 é a concentração inicial de SST no tanque;

292 V_1 é a quantidade de água de bioflocos a ser utilizada;

293 C_2 é a concentração desejada de SST;

294 V_2 é o volume final de água que corresponde a 1 L (volume do cone Imhoff).

295 $V_2 - V_1$ é a diferença entre o volume final de água em cone Imhoff e a quantidade
296 de água de bioflocos que determinará o total de água clara necessária para atingir a faixa
297 de SST desejada.

298 As doses foram aplicadas com uma micropipeta (modelo Cralplast premium) e
299 homogeneizadas no cone Imhoff com o auxílio de um bastão. O tempo de sedimentação
300 foi diferente para cada tratamento, de 10 a 20 minutos para o tratamento heterotrófico
301 seguindo APHA (1998) e de 10 a 40 minutos para o tratamento fotoautotrófico. Após a
302 realização das análises as amostras de água eram descartadas.

303 A turbidez da água foi determinada por um turbidímetro (Hach® 2100P, Hach
304 Company, Colo, EUA), os SS foram quantificados em cone Imhoff e os SST
305 determinados através de gravimetria, a partir da filtragem de 20 mL de água em filtros de
306 fibra de vidro Whatman GF/F. Os filtros foram secos em estufa a 60 °C por 4 horas e
307 pesados em uma balança analítica $\pm 0,0001g$ (Sartorius TE214S).

308

3.1.4 Análise estatística

Os resultados das diferentes doses testadas na correlação entre SST, SS e turbidez foram submetidos ao teste de coeficiente de correlação de Pearson (r) e regressão quadrática. As análises foram realizadas no programa Statistica® (TIBCO Software Inc., versão 13.5.017).

4. Resultados

Correlações e regressões quadráticas foram elaboradas com a finalidade de definir as melhores doses de cada produto que por sua vez tinham o objetivo de forçar a sedimentação dos bioflocos nas análises de SS de acordo com a correlação mais forte. Na Tabela 3 e no Anexo I, pode-se observar os valores do coeficiente de determinação R^2 da correlação entre as análises de SST, SS e turbidez com as sete doses definidas para cada produto químico. Todos os produtos e doses foram positivamente correlacionados em ambos os tratamentos, entretanto o valor de R^2 entre SST e turbidez também obteve correlações positivas com valores de $R^2 = 0,994$ para o tratamento fotoautotrófico e $R^2 = 0,972$ para o tratamento heterotrófico.

Tabela 3. Coeficiente de determinação (R^2) entre sólidos suspensos totais (SST), turbidez e sólidos sedimentáveis (SS) das diferentes doses testadas para os produtos policloreto de alumínio (100%; PA), sulfato de cobre (19,5%; SC) e sulfato de alumínio (100%; SA) no tratamento predominantemente fotoautotrófico e heterotrófico.

Doses (ml. L ⁻¹)	Fotoautotrófico		
	R ² da relação		
	SS/SST	SS/Turbidez	Turbidez/SST
Policloreto de alumínio (100%; PA)			
Sem produto	0,958	0,942	
0,006	0,962	0,984	
0,010	0,978*	0,993	0,994
0,015	0,959	0,977	
0,020	0,968	0,985	
0,025	0,935	0,952	
0,030	0,953	0,974	
0,060 [#]	0,977	0,991	
Sulfato de cobre (19,5%; SC)			
Sem produto	0,958	0,942	
0,007	0,921	0,889	
0,060	0,927	0,892	0,994
0,075	0,948	0,928	
0,090	0,944	0,920	
0,105	0,948	0,923	

0,120	0,960*	0,937	
0,135	0,960*	0,944	
Sulfato de alumínio (100%; SA)			
Sem produto	0,958	0,942	
0,160	0,977*	0,989	
0,333	0,972	0,987	
0,666	0,944	0,961	0,994
0,833	0,952	0,976	
1,333	0,972	0,975	
2,000	0,942	0,939	
2,600 [#]	0,944	0,958	
Heterotrófico			
Doses (ml. L ⁻¹)	R ² da relação		
	SS/SST	SS/Turbidez	Turbidez/SST
Policloreto de alumínio (100%; PA)			
Sem produto	0,935	0,890	
0,006	0,965*	0,992	
0,010	0,964	0,996	0,972
0,015	0,952	0,993	
0,020	0,956	0,994	
0,025	0,954	0,995	
0,030	0,958	0,985	
0,060	0,950	0,984	
Sulfato de cobre (19,5%; SC)			
Sem produto	0,935	0,890	
0,002	0,967	0,960	
0,004	0,948	0,907	0,972
0,007	0,959	0,943	
0,010	0,970	0,970	
0,014	0,966	0,955	
0,028	0,969	0,967	
0,056	0,984*	0,991	
Sulfato de alumínio (100%; SA)			
Sem produto	0,935	0,890	
0,160	0,963	0,968	
0,830	0,969*	0,990	
0,883	0,961	0,972	0,972
1,333	0,952	0,957	
2,000 [#]	0,939	0,945	
2,600 [#]	0,909	0,890	
5,300 [#]	0,759	0,752	

330 *Melhor correlação. [#]Doses não podem ser recomendadas por não ter causado uma boa
331 compactação no processo de sedimentação do bioflocos. SS = ml/L; SST = mg/L; turbidez = NTU
332

333 5. Discussão

334 Em sistemas superintensivos o reuso da água durante os ciclos de cultivo e as
335 mínimas ou nulas renovações de água, aliada a elevada densidade de estocagem, causam

o acúmulo dos sólidos (Schryver et al., 2008; Emerenciano et al., 2017) que necessitam de monitoramento constante para permanecer em concentrações ideais durante o ciclo de produção.

A intensidade e a direção da correlação entre dois parâmetros são indicadas pelo coeficiente de correlação (r), sendo que seu valor varia no intervalo de $-1,00 \leq r \leq 1,00$. Se r variar entre 0,00-0,10 a correlação é insignificante, r entre 0,10-0,39 a correlação é fraca, r entre 0,40-0,69 a correlação é moderada, r entre 0,70-0,89 a correlação é forte e r entre 0,90-1,00 a correlação é muito forte (Schober et al., 2018). Além disso, o coeficiente de determinação (R^2) pode ser estimado por R elevado ao quadrado e pode assegurar a precisão da correlação entre dois parâmetros além de explicar a variação dos dados pela regressão.

Nesse experimento a aplicação dos produtos em cone Imhoff nas análises de SS nas faixas de 600 a 25 mg. L^{-1} de SST foram necessárias para definir as melhores doses para forçar a sedimentação dos SS. Os produtos (PA, SC e SA) foram eficientes em forçar a sedimentação dos sólidos e causaram uma boa sedimentação e compactação nas análises de SS, sendo positivamente correlacionados. A correlação entre SST e SS foi classificada como muito forte para os tratamentos fotoautotrófico e heterotrófico e para as diferentes doses testadas (Schober et al., 2018). Exceto para a dose máxima 5,300 (ml. L^{-1}) do produto SA no tratamento heterotrófico que teve o valor de $R^2 = 0,759$ classificada como forte (Schober et al., 2018).

O sistema de bioflocos possui característica distintas a depender da composição de microrganismos dominante em cada meio. No tratamento fotoautotrófico, quando as análises de SS eram realizadas na presença de radiação solar os bioflocos não sedimenta corretamente e expandia (apresentando espaços entre os flocos e em seguida gerava gases fazendo com que o bioflocos subisse para superfície do cone Imhoff). Neste tratamento foi observado que a radiação solar teve influência no processo de sedimentação devido a predominância das microalgas nesse meio, sendo necessário que essas análises fossem realizadas em ambiente sem a presença de luz solar, ou que a luminosidade fosse atenuada. Observações semelhantes foram relatadas por Samocha et al., (2017) e Zemor et al., (2019) para o sistema BFT. No tratamento fotoautotrófico os produtos PA e SA apresentaram melhores sedimentações nas doses mínimas, diferentemente das doses máximas (0,060, 2,000 e 2,600 ml. L^{-1}) que apesar da forte correlação não foram capazes

de forçar a sedimentação dos sólidos influenciando na compactação do floco e impossibilitando a sua leitura com precisão. Já a correlação entre SS e SST com o produto SC apresentou correlações muito forte em todas as doses testadas, porém, à medida que aumentava a dosagem do produto nas análises de SS, os sólidos decantavam e compactavam com mais eficácia no cone Imhoff. Similarmente essas observações notadas no tratamento fotoautotrófico também foram registradas no tratamento heterotrófico, onde as melhores correlações entre SS e SST foram verificadas após a aplicação dos produtos PA e SA. A aplicação dos produtos PA e SA nas análises de SS apresentaram melhores valores de correlações e uma melhor sedimentação do floco nas doses mínimas, enquanto o SC apresentou melhores valores de correlações nas doses máximas.

No tratamento heterotrófico as doses máximas (2,000; 2,600 e 5,300 ml. L⁻¹) do produto SA não foram consideradas eficientes por não terem forçado a sedimentação dos sólidos. Quando aplicadas no cone Imhoff, o floco expandiu, impossibilitando a leitura correta no cone. Na (Tabela 3 e no Anexo I) no tratamento heterotrófico, pode-se observar que, à medida em que as dosagens do produto SA aumentam, a correlação existente entre SST e SS diminui. Apesar dessas doses terem apresentado uma correlação classificada como forte e muito forte Schober et al, (2018) as mesmas não podem ser indicadas por terem influenciado no processo de sedimentação dos sólidos. Isso afirma que, cada produto possui um nível de dosagem adequado para forçar a sedimentação dos sólidos em cone Imhoff, dependendo da comunidade microbiana que domina o sistema de cultivo e tamanho da partícula dos bioflocos.

Contudo a correlação entre os SST e turbidez foi classificada como muito forte (Schober et al., 2018). Esse efeito pode ter ocorrido pois à medida que os SST diminuía de faixa, a turbidez também diminuía, acompanhando a variação de faixa que ocorria nos SST. A turbidez é um parâmetro que mede a transparência da água através de um turbidímetro por meio de um feixe de luz emitido na amostra, revelando o grau em que as partículas que estão suspensas podem interferir na transmissão da luz na amostra de água (Matos et al., 2024). Por se tratar de uma análise prática, apresenta resultados rápidos e precisos.

398

399 6. Conclusão

Os resultados demonstraram que a aplicação dos produtos químicos possibilitou a decantação e compactação dos sólidos nas análises de cone Imhoff. Os produtos policloreto de alumínio e sulfato de alumínio apresentaram melhor performance em termos de correlações e compactação dos sólidos nas doses mínimas, enquanto o produto SC mostrou maior eficiência nas doses máximas.

Além disso, quanto à influência da radiação solar na compactação e sedimentação dos sólidos no tratamento fotoautotrófico, constatou-se a necessidade de realizar essas análises em ambientes com luminosidade reduzida, para minimizar interferências e garantir resultados mais precisos.

7. Experimento II: Estimativa dos sólidos suspensos totais em função dos sólidos sedimentáveis e da turbidez, utilizando coagulantes e floculantes como sedimentadores

7.1 Material e métodos

7.1.2 Local das instalações experimentais

O experimento foi realizado na Estação Marinha de Aquicultura (EMA) do Instituto de Oceanografia (IO) da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), localizada na Praia do Cassino (32°12/S e 51°50/W), Rio Grande, RS, Brasil.

7.1.3 Descrição dos sistemas experimentais e produtos

O experimento II teve duração de 70 dias, e foi composto por três tratamentos: meio predominantemente fotoautotrófico; meio predominantemente heterotrófico; meio predominantemente quimioautotrófico, com quatro repetições cada, totalizando doze unidades retangulares com capacidade de 180L e volume útil de 140L.

As unidades experimentais do tratamento heterotrófico e quimioautotrófico foram cobertas com uma tela sombrite 80% de atenuação, exceto o tratamento fotoautotrófico que ficava exposto a radiação solar durante o dia para favorecer a presença de microalgas. Todas as unidades foram alocadas em uma estufa agrícola e contaram com aquecedores 300W para manter a temperatura em 28 °C e um sistema de aeração com mangueiras porosas de difusão (Aerotube®) conectadas a um soprador (Ibram®).

As doses escolhidas para forçar sedimentação em cone Imhoff nas diferentes faixas de SST foram estabelecidas de acordo com as recomendações do fabricante de cada produto e conforme o experimento I. Foram estabelecidas quatro doses de cada produto para cada meio (Tabelas 4, 5 e 6), sendo elas: uma dose fixa recomendada pelo fabricante; uma dose mínima e máxima; e uma dose gradiente, que aumentava de acordo com o aumento da faixa de SST. As diferentes faixas de SST definidas para a aplicação das doses para correlacionar com SS e turbidez foram as seguintes: 0-50; 50-100; 100-150; 150-200; 200-250; 250-300; 300-350; 350-400; 400-450; 450-500; 500-550 e 550-600 (mg. L⁻¹), conforme sumarizada nas Tabelas 4, 5 e 6.

Tabela 4. Tabela 4. Doses definidas para cada produto no meio predominantemente fotoautotrófico de acordo com a faixa de sólidos suspensos totais (SST).

Faixas de SST	Fotoautotrófico			
	Dose gradiente (ml. L ⁻¹)	Dose fixa (ml. L ⁻¹)	Dose mínima (ml. L ⁻¹)	Dose máxima (ml. L ⁻¹)
Policloreto de alumínio (100%)				
0 a 150	0,004	0,015	0,002	0,040
150 a 350	0,008	0,015	0,002	0,040
350 a 600	0,010	0,015	0,002	0,040
Sulfato de cobre (19,5%)				
0 a 150	0,004	0,007	0,002	0,135
150 a 350	0,090	0,007	0,002	0,135
350 a 600	0,105	0,007	0,002	0,135
Sulfato de alumínio (100%)				
0 a 150	0,053	1,333	0,025	2,000
150 a 350	0,333	1,333	0,025	2,000
350 a 600	0,666	1,333	0,025	2,000

Tabela 5. Doses definidas para cada produto no meio predominantemente heterotrófico de acordo com a faixa de sólidos suspensos totais (SST).

Faixas de SST	Heterotrófico			
	Dose gradiente (ml. L ⁻¹)	Dose fixa (ml. L ⁻¹)	Dose mínima (ml. L ⁻¹)	Dose máxima (ml. L ⁻¹)
Policloreto de alumínio (100%)				
0 a 150	0,004	0,015	0,002	0,060
150 a 350	0,006	0,015	0,002	0,060
350 a 600	0,010	0,015	0,002	0,060
Sulfato de cobre (19,5%)				
0 a 150	0,004	0,007	0,002	0,056

150 a 350	0,010	0,007	0,002	0,056
350 a 600	0,014	0,007	0,002	0,056
Sulfato de alumínio (100%)				
0 a 150	0,160	1,333	0,053	2,000
150 a 350	0,415	1,333	0,053	2,000
350 a 600	0,830	1,333	0,053	2,000

447

448 **Tabela 6.** Doses definidas para cada produto no meio predominantemente
449 quimioautotrófico de acordo com a faixa de sólidos suspensos totais (SST).

Faixas de SST	Quimioautotrófico			
	Dose gradiente (ml. L ⁻¹)	Dose fixa (ml. L ⁻¹)	Dose mínima (ml. L ⁻¹)	Dose máxima (ml. L ⁻¹)
Policloreto de alumínio (100%)				
0 a 150	0,004	0,015	0,002	0,025
150 a 350	0,008	0,015	0,002	0,025
350 a 600	0,010	0,015	0,002	0,025
Sulfato de cobre (19,5%)				
0 a 150	0,004	0,007	0,002	0,021
150 a 350	0,008	0,007	0,002	0,021
350 a 600	0,014	0,007	0,002	0,021
Sulfato de alumínio (100%)				
0 a 150	0,160	1,333	0,025	1,500
150 a 350	0,333	1,333	0,025	1,500
350 a 600	0,666	1,333	0,025	1,500

450

451 Para o preparo do inóculo quimioautotrófico, um tanque de 1000 L aerado recebeu
452 720 L de água do mar com salinidade a 34 g. L⁻¹ e diariamente foi fertilizado com nitrito
453 de sódio NaNO₂ e cloreto de amônio NH₄CL durante 30 dias, seguindo Ferreira et al.
454 (2020). No tanque também foi adicionado substrato do tipo “bioball” de um cultivo de
455 camarão em andamento da EMA para colonização das bactérias quimioautotróficas.
456 Foram utilizados aquecedores 300W para manter a temperatura em 28 °C. A alcalinidade
457 era corrigida com bicabornato de sódio NaHCO₃, para mantê-la acima de 150 mg. L⁻¹
458 (Furtado et al., 2011). No início do estudo, o inóculo do tratamento quimioautotrófico
459 estava com 100 mg. L⁻¹ de STT. O inoculo dos tratamentos fotoautotrófico e heterotrófico
460 foram provenientes de cultivos maduros em andamento da EMA. Cada unidade
461 experimental recebeu uma quantidade de inóculo de seu respectivo meio para atingir uma
462 concentração inicial de aproximadamente 25 mg. L⁻¹ de SST, e o restante de água tratada
463 com salinidade 30 g. L⁻¹.

As doses foram aplicadas com uma micropipeta (Cralplast premium) e imediatamente homogeneizadas no cone Imhoff com o auxílio de um bastão. Após a realização das análises de SS as amostras de água foram descartadas e reposições foram realizadas com água tratada nos tanques de cultivo para evitar diminuição do volume total. O experimento iniciou-se na faixa de 0 a 50 mg. L⁻¹ de SST e conforme as concentrações foram aumentando devido a oferta de ração, formação de agregados microbianos e acúmulo de matéria orgânica em cada meio, as análises eram realizadas em cada faixa até a concentração máxima estabelecida de 600 mg. L⁻¹ de SST. Os intervalos de tempo de sedimentação variavam de acordo com cada meio sendo 10 a 20 minutos para o meio heterotrófico e quimioautotrófico conforme metodologia de APHA (1998), e 10 a 30 minutos para o meio fotoautotrófico seguindo o experimento I.

7.1.4 Monitoramento da qualidade de água

O monitoramento da qualidade da água foi realizado durante todo o período com base nas variáveis físicas e químicas da água: temperatura (°C), oxigênio dissolvido (mg L⁻¹), as quais foram mensurados diariamente pela manhã (08:00) e à tarde (16:00), através de uma sonda multiparâmetro (modelo YSI 55) e o pH aferido através de um pHmetro (modelo Seven2Go), bem como as análises dos nutrientes dissolvidos, nitrogênio amoniacal total (NAT; mg. L⁻¹) seguindo os métodos da Unesco (1983) e nitrito (N-NO₂⁻; mg. L⁻¹) de acordo com Aminot e Chaussepied (1983). Uma fonte de carbono orgânico (melaço líquido) foi adicionada no meio predominantemente heterotrófico quando NAT atingiu concentrações maiores que 1 mg L⁻¹ (Avnimelech, 1999), enquanto no meio predominantemente fotoautotrófico e quimioautotrófico foi reduzida a quantidade de ração ofertada, ofertando de 40 a 60% da ração diária para reduzir a concentração de NAT e N-NO₂⁻ nos tanques, visto que renovações parciais de água não eram desejadas para não reduzir a concentração de sólidos. As análises de nitrato (N-NO₃⁻; mg. L⁻¹), ortofosfato (P-PO₄⁻³; mg. L⁻¹) foram monitoradas semanalmente conforme Aminot e Chaussepied (1983) e García-Robledo et al., (2014), e alcalinidade (mg. L⁻¹ de CaCO₃) três vezes na semana seguindo a metodologia adaptada por APHA (2012). Ao decorrer do experimento a alcalinidade era corrigida sempre que necessário com bicarbonato de sódio NaHCO₃ seguindo Furtado et al. (2011) para mantê-la acima de (150 mg. L⁻¹ de CaCO₃).

Sólidos suspensos totais (SST; mg. L⁻¹), sólidos sedimentáveis (SS; ml. L⁻¹) e turbidez (NTU) foram analisados três vezes na semana para monitoramento e sempre que os valores de SST atingia a faixa desejada para aplicação dos produtos, conforme metodologia descrita por Strickland e Parsons (1972) e APHA (1998). A turbidez da água foi determinada por um turbidímetro (Hach® 2100P, Hach Company, Colo, EUA), os SS foram quantificados em cone Ihmoff em um intervalo de tempo de 10 a 30 minutos e os SST determinados através de gravimetria, a partir da filtração de 20 mL de água em filtros de fibra de vidro Whatman GF/F. Os filtros foram secos em estufa a 60 °C por 4 horas e pesados em uma balança analítica ± 0,0001g (Sartorius TE214S).

504

505 **7.1.5 Avaliação da comunidade de microrganismos**

Para a quantificação dos microrganismos (fitoplâncton e zooplâncton) presentes nos sistemas experimentais, foram coletadas amostras de água nos dias 0, 35 e 70, que correspondem ao início, meio e fim do experimento, fixadas em formalina 4% (concentração final) e mantidas em frascos âmbar para posterior contagem e identificação dos principais grupos de microrganismos presentes. Para determinação da abundância dos microrganismos, foi utilizado um microscópio invertido (Nikon, Eclipse TS100), onde alíquotas de 0,5 mL de amostra foram colocadas em câmara de sedimentação e 30 campos foram contados aleatoriamente de acordo com Utermöhl (1958). Todas as contagens foram realizadas no Laboratório de Ecologia do Fitoplâncton e de Microrganismos Marinhos (LEMAQUI) da EMA.

516

517 **7.1.6 Composição proximal**

Ao final do período experimental, amostras dos bioflocos foram coletadas para análises da composição proximal. Essas amostras foram coletadas em cada tanque e filtradas em malha de 50 µm. Posteriormente, foram secas em estufa a temperatura de 60 °C por 72 horas até atingir o peso constante. Para determinação de cinzas, as amostras foram levadas a estufa a 105 °C por 12 horas e a mufla por 4 horas a 600 °C para a queima, seguindo o método da AOAC (1995). A análise da proteína bruta foi realizada segundo o método Kjeldahl, o qual ocorreu a digestão prévia das amostras e posteriormente destilação e titulação do nitrogênio, multiplicando todos os resultados por 6,25 (AOAC 1995). O valor de lipídios foi determinado através método de extração a frio (Bligh e

527 Dyer, 1959). Para a análise da fibra bruta, foi utilizada a digestão ácida e básica da
528 amostra durante 30 minutos em cada digestão, seguida da queima do resíduo em mufla a
529 550 °C por uma hora, e o valor foi obtido a partir da diferença seguindo a metodologia
530 Silva e Queiroz (2009). As análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição de
531 Organismos Aquáticos (LANOA) da EMA.

532

533 **7.1.7 Desempenho zootécnico**

534 As pós-larvas de *P. vannamei* foram provenientes do laboratório Itapoá Aquicultura
535 LTDA, em Itapoá, SC, Brasil e após a fase de berçário no Laboratório de Carcinocultura
536 da EMA com peso médio de $1,17 \pm 0,55$ g, foram estocados na densidade de 500 camarões
537 m^{-3} . As biometrias foram realizadas quinzenalmente para ajuste da ração, os parâmetros
538 avaliados ao final do período experimental foram o peso médio final, crescimento
539 semanal, biomassa final, fator de conversão alimentar, produtividade e sobrevivência. A
540 alimentação era fornecida duas vezes ao dia utilizando ração comercial com 40% de
541 proteína bruta (1,6 mm; Guabi®). Com a finalidade de controlar o consumo, foram
542 colocados 50% da quantidade da ração em bandejas de alimentação e o restante foi
543 distribuído a lanço no tanque. A taxa de arraçoamento durante o período experimental foi
544 de acordo com a metodologia descrita por Jory et al. (2001).

545

546 **7.1.8 Análise estatística**

547 Os dados de qualidade de água, composição proximal, desempenho zootécnico e
548 microrganismos foram submetidos a testes de normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e
549 homocedasticidade (teste de Levene). Constatando-se os pré-requisitos, foi aplicada a
550 Análise de variância de uma via (ANOVA). Quando detectadas diferenças significativas
551 ($p < 0,05$) entre os tratamentos, os dados foram submetidos ao teste pós-hoc de Tukey.
552 Os dados em porcentagens foram transformados para arco seno da raiz quadrada e os
553 resultados das contagens de microrganismos foram transformados para $\log_{10}(x + 1)$.
554 Quando os pré-requisitos não foram atendidos, foi aplicado o teste não paramétrico de
555 Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas de Dunn (Zar 2010). Os resultados
556 das diferentes doses testadas na correlação entre SST, SS e turbidez foram submetidos ao
557 teste de coeficiente de correlação de Pearson (r) e regressão quadrática. Os testes foram

realizados no programa Statistica® (TIBCO Software Inc., versão 13.5.017) adotando um nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

8. Resultados

8.1 Monitoramento da qualidade de água

Os resultados obtidos no segundo experimento para os parâmetros físicos e químicos da água durante 70 dias de estudo estão apresentados na Tabela 7. Os parâmetros de temperatura, pH, salinidade, SST, SS, turbidez, NAT e nitrato não diferiram entre os tratamentos ($p > 0,05$). Oxigênio dissolvido, alcalinidade, nitrito e ortofosfato apresentaram diferenças significativas ($p < 0,05$) (Tabela 7).

Tabela 7. Valores médios e desvio padrão dos parâmetros físicos e químicos da água dos tratamentos predominantemente fotoautotrófico, heterotrófico e quimioautotrófico durante 70 dias de cultivo do *Penaeus vannamei*.

Parâmetros	Tratamentos			p-valor
	Fotoautotrófico	Heterotrófico	Quimioautotrófico	
Temperatura (°C)	28,17 ± 1,18	28,22 ± 1,21	28,16 ± 1,21	0,9754
OD (mg. L ⁻¹)	6,28 ± 0,20 ^a	6,16 ± 0,21 ^b	6,19 ± 0,20 ^{ab}	0,0228
pH	7,96 ± 0,19	7,94 ± 0,16	7,98 ± 0,19	0,6806
Alcalinidade (mg CaCO ₃ L ⁻¹)	180,33 ± 26,01 ^a	167,44 ± 16,38 ^b	183,48 ± 28,51 ^a	0,0030*
NAT (mg. L ⁻¹)	0,24 ± 0,36	0,16 ± 0,09	0,22 ± 0,24	0,4856*
Nitrito (N - mg. L ⁻¹)	3,82 ± 6,12 ^a	0,92 ± 1,54 ^b	2,88 ± 4,84 ^{ab}	0,0111*
Nitrato (N - mg. L ⁻¹)	25,22 ± 19,62	35,98 ± 26,88	27,35 ± 18,79	0,1021*
Ortofosfato (mg. L ⁻¹)	0,96 ± 0,68 ^b	1,43 ± 1,03 ^a	1,20 ± 0,83 ^{ab}	0,0145*
SST (mg. L ⁻¹)	262,90 ± 159,66	269,46 ± 169,15	239,90 ± 155,24	0,6357*
SS (ml. L ⁻¹)	7,73 ± 9,16	29,10 ± 45,47	4,25 ± 5,36	0,9060*
Turbidez (NTU)	105,97 ± 79,07	103,66 ± 83,68	88,19 ± 74,74	0,5026*
Salinidade (g. L ⁻¹)	30,35 ± 2,19	30,53 ± 2,45	30,80 ± 2,50	0,7252

Oxigênio dissolvido (O.D), nitrogênio amoniacal total (NAT), sólidos suspensos totais (SST), sólidos sedimentáveis (SS). *Casos em que foram empregados o teste de Kruskal-Wallis seguido de comparações múltiplas de Dunn. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas, de acordo com testes post-hoc ($p < 0,05$).

Ao longo do experimento, a temperatura foi mantida por volta de 28 °C, a salinidade em torno de 30 g. L⁻¹ e o oxigênio dissolvido apresentou valores mínimo de 5,27 mg. L⁻¹ e máximo de 7,02 mg. L⁻¹. Independente da concentração de sólidos presentes nos sistemas, o tratamento predominantemente fotoautotrófico apresentou oxigênio dissolvido significativamente maior ($p < 0,05$) que o heterotrófico, enquanto o quimioautotrófico não diferiu estatisticamente ($p > 0,05$) dos outros tratamentos (Figura

1). Apesar do pH permanecer por volta de 7,90 em todos os tratamentos, a alcalinidade do tratamento predominantemente heterotrófico foi significativamente inferior ($p < 0,05$) em relação aos outros tratamentos, os quais não diferiram um do outro ($p > 0,05$). No entanto, todos os tratamentos apresentaram valores acima de $167 \text{ mg. L}^{-1} \text{ CaCO}_3$.

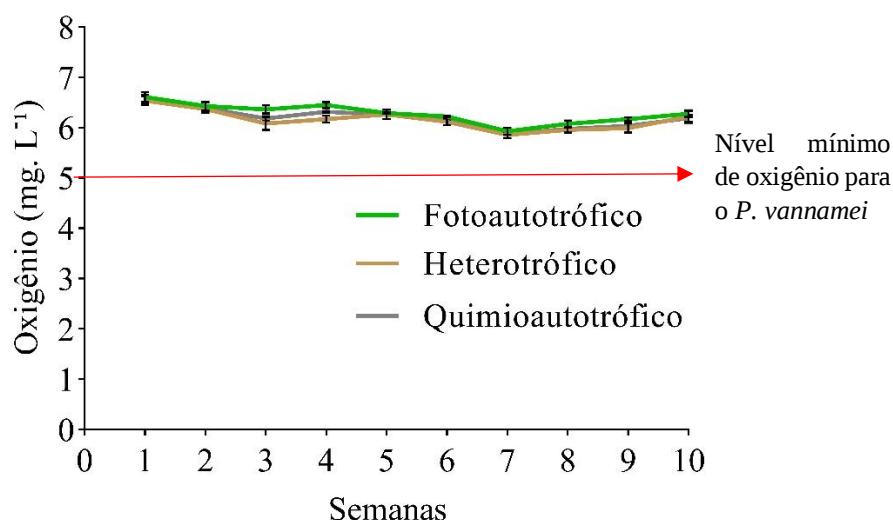


Figura 1. Valores médios semanais da variação do oxigênio dissolvido durante 70 dias de experimento no cultivo de *Penaeus vannamei* em meios predominantemente fotoautotrófico, heterotrófico e quimioautotrófico. As linhas verticais indicam o desvio padrão.

O nitrogênio amoniacal total apresentou valor máximo de $1,27 \text{ mg. L}^{-1}$ no tratamento predominantemente fotoautotrófico, $0,37 \text{ mg. L}^{-1}$ no tratamento predominantemente heterotrófico e $0,77 \text{ mg. L}^{-1}$ no tratamento predominantemente quimioautotrófico, estabilizando-se a partir da terceira semana de estudo (Figura 2a). Os níveis de nitrato começaram a aumentar a partir da segunda semana de estudo atingindo valores máximo de $16,04 \text{ mg. L}^{-1}$ no tratamento predominantemente fotoautotrófico, $3,67 \text{ mg. L}^{-1}$ no tratamento predominantemente heterotrófico e $14,73 \text{ mg. L}^{-1}$ no tratamento predominantemente quimioautotrófico, estabilizando-se a partir da quarta e quinta semana de estudo (Figura 2b). Menores valores médios de ortofosfato foram observados no tratamento predominantemente fotoautotrófico ($p < 0,05$) diferindo do heterotrófico (Tabela 7).

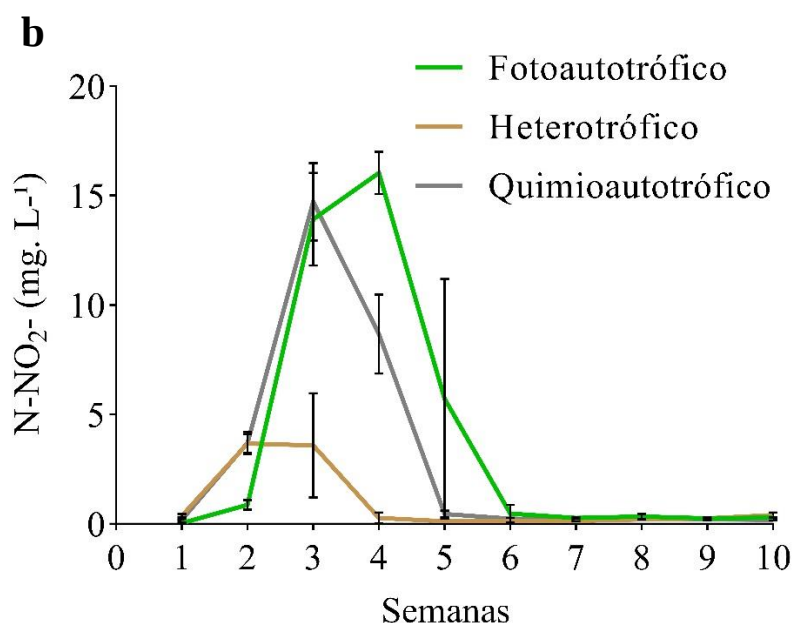
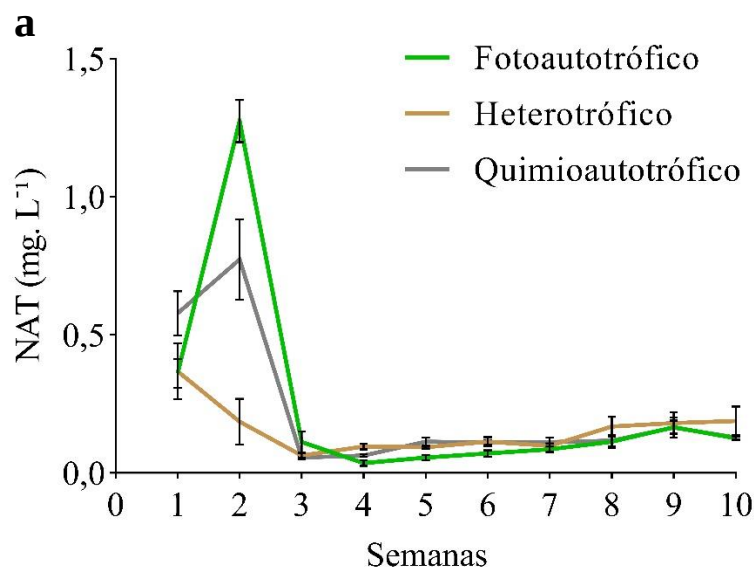
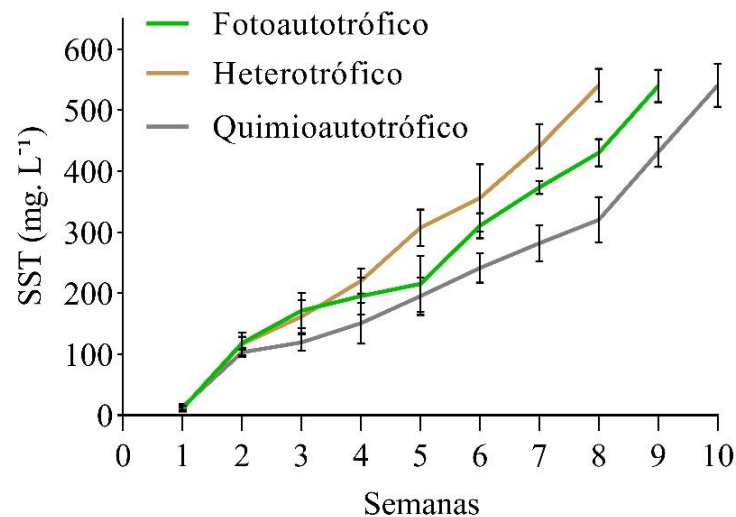


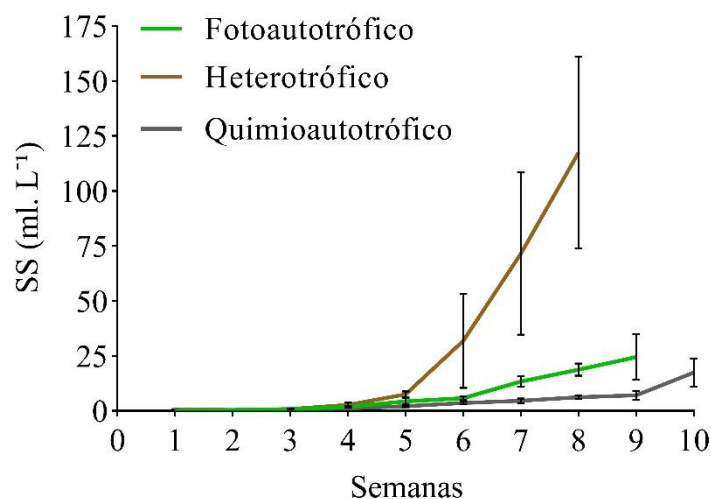
Figura 2. Valores médios $\pm$ desvio padrão do NAT (a) e nitrito N-NO_2^- (b), durante 70 dias de experimento no cultivo de *Penaeus vannamei* nos tratamentos predominantemente fotoautotrófico, heterotrófico e quimioautotrófico. As linhas verticais indicam o desvio padrão.

Os parâmetros de SST, SS e turbidez foram aumentando suas concentrações nos tanques ao longo dos 70 dias de experimento de acordo com as características de cada sistema (Figura 3, 4 e 5). Ao acompanhar o gráfico de evolução dos SST nos três meios (Figura 3), pode ser observado que o tratamento predominantemente heterotrófico atingiu

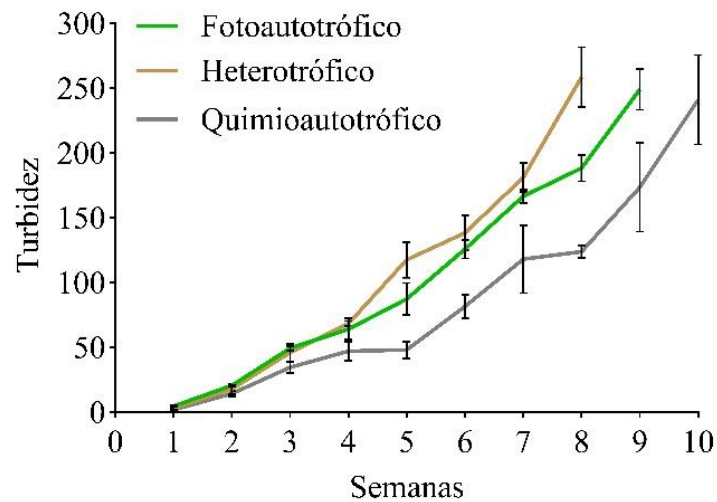
615 a faixa entre 500 e 600 mg. L⁻¹ de SST em oito semanas de estudo, enquanto os demais
 616 tratamentos levaram entre nove e dez semanas para atingir a mesma faixa.
 617



618
 619 **Figura 3.** Valores médios $\pm$ desvio padrão semanal da variação dos sólidos suspensos totais
 620 (SST), durante 70 dias de experimento no cultivo de *Penaeus vannamei*. Valores monitorados no
 621 cone Imhoff sem a aplicação de produtos. As linhas verticais indicam o desvio padrão.



623
 624 **Figura 4.** Valores médios $\pm$ desvio padrão semanal da variação dos sólidos sedimentáveis (SS),
 625 durante 70 dias de experimento no cultivo de *Penaeus vannamei*. Valores monitorados no cone
 626 Imhoff sem a aplicação de produtos. As linhas verticais indicam o desvio padrão.



627

628 **Figura 5.** Valores médios $\pm$ desvio padrão da turbidez durante 70 dias de experimento no cultivo
 629 de *Penaeus vannamei* nos tratamentos predominantemente fotoautotrófico, heterotrófico e
 630 químioautotrófico. As linhas verticais indicam o desvio padrão.

631 8.2 Avaliação da comunidade de microrganismos

632 Nas contagens dos microrganismos foram encontrado grupos de flagelados,
 633 ciliados, rotíferos, nematóides, ameba, oocystis, planctonema e diatomáceas (Figura 6).
 634 Diferenças significativas ($p < 0,05$) foram observadas entre os tratamentos nas contagens
 635 finais para os grupos de rotíferos, oocystis e diatomáceas; e meio e final para os grupos
 636 de planctonema.

637

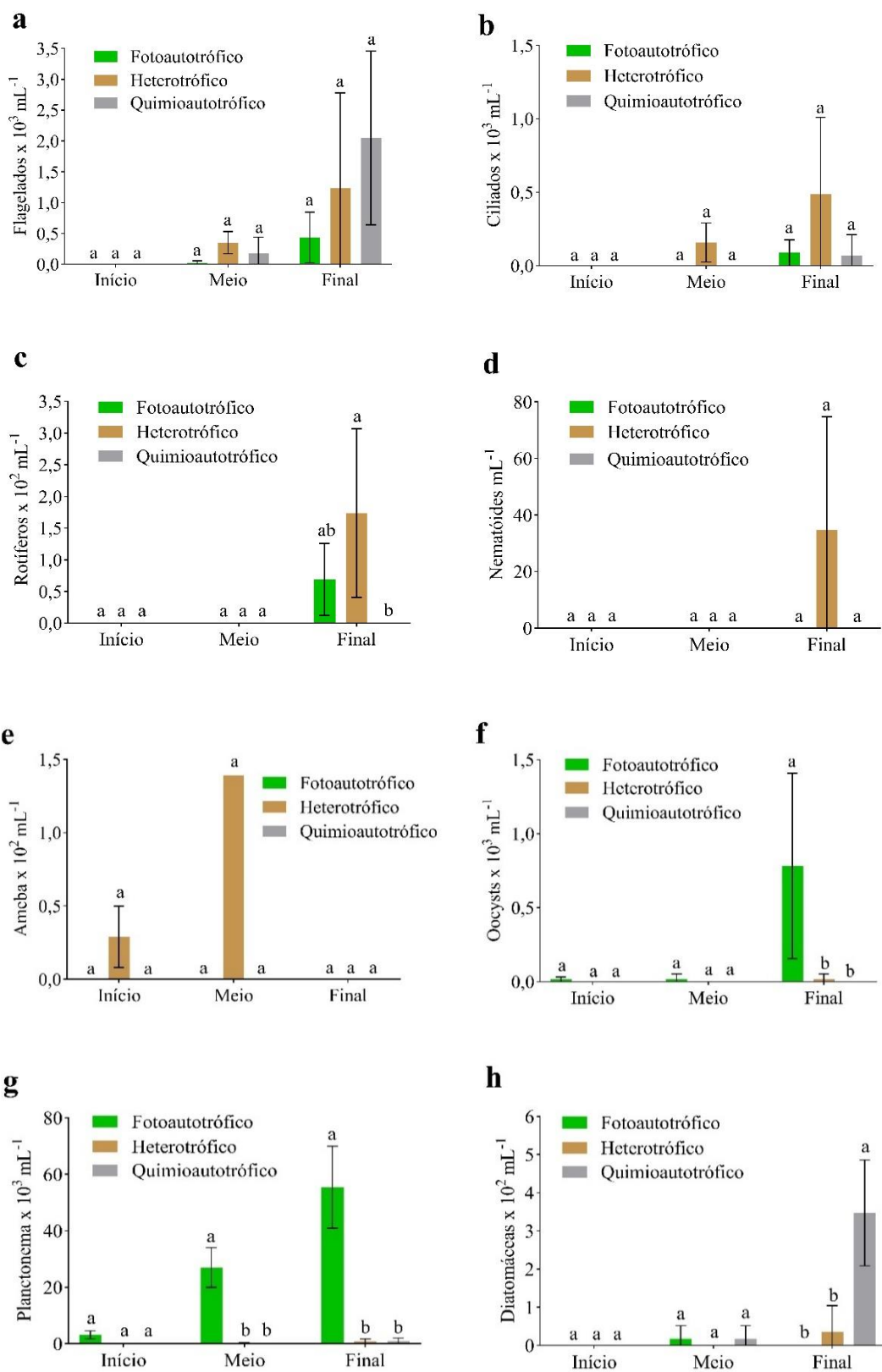


Figura 6. Média $\pm$ desvio padrão da abundância dos (microorganismos. mL⁻¹), flagelados (a), ciliados (b), rotíferos (c), nematóides (d), ameba (e), oocysts (f), planctonema (g) e diatomáceas

(h). Letras diferentes indicam diferença significativa resultados do teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, seguido de comparações múltiplas de Dunn. As linhas verticais indicam o desvio padrão.

8.3 Composição proximal

Maiores níveis de proteína ($p < 0,05$) foram encontrados no tratamento predominantemente fotoautotrófico em comparação com o heterotrófico, enquanto o quimioautotrófico foi semelhante ($p > 0,05$) aos outros tratamentos (Tabela 8). Por outro lado, o tratamento predominantemente heterotrófico apresentou níveis de lipídios significativamente maiores ($p < 0,05$) que os outros tratamentos, que não diferiram estatisticamente um do outro ($p > 0,05$). Os valores de fibra, cinzas e extrato não-nitrogenado não diferiram estatisticamente entre os tratamentos ($p > 0,05$).

Tabela 8. Valores médios e desvio padrão da composição proximal dos bioflocos nos meios predominantemente fotoautotrófico, heterotrófico e quimioautotrófico durante 70 dias de cultivo do *Penaeus vannamei*.

Parâmetros	Tratamentos			p-valor
	Fotoautotrófico	Heterotrófico	Quimioautotrófico	
Proteína bruta (%)	27,05 ± 0,81 ^a	23,45 ± 1,25 ^b	24,75 ± 1,44 ^{ab}	0,0066
Lipídios (%)	0,62 ± 0,18 ^b	1,47 ± 0,18 ^a	0,49 ± 0,07 ^b	<0,0001
Cinzas (%)	49,45 ± 1,26	54,12 ± 2,59	50,13 ± 0,20	0,0690
Fibra bruta (%)	4,39 ± 2,11	7,24 ± 1,50	5,69 ± 2,24	0,2614
ENN (%)	18,24 ± 2,22	14,12 ± 1,98	18,99 ± 3,37	0,0549

ENN: Extrato não-nitrogenado, estimado pela diferença entre [100-(PB+L+FB+Cinzas)]. As análises foram realizadas com matéria seca dos bioflocos. Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas, de acordo com teste de Tukey HSD ($p < 0,05$).

8.4 Desempenho zootécnico

Os parâmetros de desempenho do camarão (Tabela 9) diferiram entre os tratamentos, sendo que o tratamento predominantemente heterotrófico apresentou peso médio final, crescimento semanal, biomassa final e produtividade significativamente maiores ($p < 0,05$) que os valores dos outros tratamentos. A sobrevivência também foi superior ($p < 0,05$) no tratamento heterotrófico em relação ao tratamento fotoautotrófico, enquanto o tratamento quimioautotrófico não diferiu significativamente ($p > 0,05$) dos outros tratamentos. Apesar disso, a sobrevivência foi acima de 79% em todos os tratamentos. O fator de conversão alimentar variou entre 1,56 e 1,70, sendo o tratamento predominantemente quimioautotrófico estatisticamente menor ($p < 0,05$) que o

671 fotoautotrófico, enquanto o heterotrófico foi estatisticamente semelhante ($p > 0,05$) aos
672 outros tratamentos.

673

674 **Tabela 9.** Valores médios e desvio padrão dos parâmetros de desempenho zootécnico do
675 *Penaeus vannamei* nos meios predominantemente fotoautotrófico, heterotrófico e
676 quimioautotrófico durante 70 dias de cultivo.

Parâmetros	Tratamentos			p-valor
	Fotoautotrófico	Heterotrófico	Quimioautotrófico	
Peso médio final (g)	8,20 ± 0,30 ^b	8,70 ± 0,21 ^a	8,05 ± 0,20 ^b	0,0022
Crescimento semanal (g semana ⁻¹)	0,70 ± 0,03 ^b	0,75 ± 0,02 ^a	0,69 ± 0,02 ^b	0,0104
Biomassa final (kg)	0,46 ± 0,02 ^b	0,54 ± 0,02 ^a	0,48 ± 0,01 ^b	0,0002
Sobrevivência (%)	79,64 ± 5,39 ^b	88,93 ± 0,71 ^a	85,36 ± 1,37 ^{ab}	0,0073
Produtividade (kg m ⁻³)	3,26 ± 0,17 ^b	3,87 ± 0,11 ^a	3,43 ± 0,08 ^b	0,0002
Fator de conversão alimentar	1,70 ± 0,08 ^a	1,64 ± 0,06 ^{ab}	1,56 ± 0,04 ^b	0,0415

677 Letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas, de acordo com teste de Tukey
678 HSD ($p < 0,05$).

679

680 8.5 Análises de correlação e regressão entre sólidos suspensos totais, sólidos 681 sedimentáveis e turbidez

682 Nas correlações realizadas entre SST e SS, todos os produtos e doses foram
683 positivamente correlacionadas nos meios com diferentes predomínios. No entanto, os
684 valores de R^2 entre SST e turbidez mostram resultados mais fortes, com $R^2=0,991$ para o
685 meio predominantemente fotoautotrófico e heterotrófico, e $R^2=0,979$ para o
686 quimioautotrófico (Tabela 10).

687

688 **Tabela 10.** Coeficiente de determinação (R^2) entre sólidos suspensos totais (SST),
689 turbidez e sólidos sedimentáveis (SS) do cone sem produto e das diferentes doses testadas
690 dos produtos policloreto de alumínio (100%; PA), sulfato de cobre (19,5%; SC) e sulfato
691 de alumínio (100%; PA), sulfato de cobre (19,5%; SC) e sulfato de alumínio (100%; SA)
692 nos tratamentos predominantemente fotoautotrófico, heterotrófico e quimioautotrófico,
693 durante 70 dias de cultivo de *Penaeus vannamei*.

Doses (ml. L ⁻¹)	Fotoautotrófico		
	SS/SST	R ² da relação	
		SS/Turbidez	Turbidez/SST
Policloreto de alumínio (100%; PA)			
Sem produto	0,934	0,955	
Gradiente (0,004; 0,008; 0,010)	0,964	0,978	
0,015	0,973*	0,983*	0,991
0,002	0,951	0,968	
0,040	0,954	0,959	
Sulfato de cobre (19,5%; SC)			
Sem produto	0,934	0,955	0,991

Gradiente (0,004; 0,090; 0,105)	0,976	0,993*	
0,007	0,966	0,984	
0,002	0,962	0,980	
0,135	0,980*	0,987	
Sulfato de alumínio (100%; SA)			
Sem produto	0,934	0,955	
Gradiente (0,053; 0,333; 0,666)	0,988*	0,987*	
1,333	0,915	0,903	0,991
0,025	0,949	0,976	
2,000	0,976	0,967	
Heterotrófico			
Doses (ml. L ⁻¹)	R ² da relação		
	SS/SST	SS/Turbidez	Turbidez/SST
Policloreto de alumínio (100%; PA)			
Sem produto	0,835	0,877	
Gradiente (0,004; 0,006; 0,010)	0,839	0,895	
0,015	0,846	0,900	0,991
0,002	0,841	0,898	
0,060	0,892*	0,935*	
Sulfato de cobre (19,5%; SC)			
Sem produto	0,835	0,877	
Gradiente (0,004; 0,010; 0,014)	0,842*	0,896	
0,007	0,836	0,896	0,991
0,002	0,840	0,899*	
0,056	0,835	0,896	
Sulfato de alumínio (100%; SA)			
Sem produto	0,835	0,877	
Gradiente (0,160; 0,415; 0,830)	0,860	0,908	
1,333	0,875*	0,919*	0,991
0,053	0,836	0,882	
2,000 [#]	0,889	0,927	
Quimioautotrófico			
Doses (ml. L ⁻¹)	R ² da relação		
	SS/SST	SS/Turbidez	Turbidez/SST
Policloreto de alumínio (100%; PA)			
Sem produto	0,976*	0,980	
Gradiente (0,004; 0,008; 0,010)	0,964	0,991*	
0,015	0,960	0,985	0,979
0,002	0,953	0,983	
0,025	0,959	0,990	
Sulfato de cobre (19,5%; SC)			
Sem produto	0,976*	0,980	
Gradiente (0,004; 0,008; 0,014)	0,959	0,982	
0,007	0,962	0,986	0,979
0,002	0,953	0,984	
0,021	0,961	0,987*	
Sulfato de alumínio (100%; SA)			
Sem produto	0,976*	0,980	0,979

Gradiente (0,160; 0,333; 0,666)	0,967	0,992*
1,333	0,969	0,989
0,025	0,948	0,981
1,500	0,966	0,991

*Melhor correlação. #Dose não pode ser indicada por não ter causado uma boa compactação no processo de sedimentação dos bioflocos no cone Imhoff, nesse tratamento.

Na Tabela 11 foi proposto cálculos de modelos matemáticos em função da equação da reta da regressão quadrática com o erro padrão e a equação da melhor dose de cada produto com a finalidade de estimar as concentrações de SST em função da turbidez e dos SS. Também foi proposto a equação da relação entre SS e SST sem o uso de produtos químicos, que serve como sugestão para o produtor que optar por não utilizar os produtos no monitoramento dos SS.

Tabela 11. Equação da reta da regressão quadrática entre os sólidos suspensos totais (SST), turbidez e sólidos sedimentáveis (SS) do cone sem produto e da melhor dose para cada produto, policloreto de alumínio (100%; PA), sulfato de cobre (19,5%; SC) e sulfato de alumínio (100%; SA), durante 70 dias de cultivo do *Penaeus vannamei* nos tratamentos predominantemente fotoautotrófico, heterotrófico e quimioautotrófico.

Meios de cultivo	Equação da estimativa dos SST	Erro padrão (±)
Fotoautotrófico		
Sem produto	$SST = -0,479 * SS^2 + 28,614 * SS + 106,831$	50,177
PA	$SST = -0,081 * SS^2 + 15,789 * SS + 82,925$	31,966
SC	$SST = -0,241 * SS^2 + 21,850 * SS + 84,121$	27,326
SA	$SST = -0,244 * SS^2 + 21,643 * SS + 76,549$	21,631
Turbidez/SST	$SST = -0,001 * Turbidez^2 + 2,299 * Turbidez + 53,797$	18,506
Heterotrófico		
Sem produto	$SST = -0,043 * SS^2 + 8,274S * SS + 167,595$	79,693
PA	$SST = -0,024 * SS^2 + 6,358 * SS + 146,834$	64,504
SC	$SST = -0,023 * SS^2 + 6,038 * SS + 166,845$	78,020
SA	$SST = -0,022 * SS^2 + 6,021 * SS + 154,260$	69,427
Turbidez/SST	$SST = -0,003 * Turbidez^2 + 2,842 * Turbidez + 44,344$	18,985
Quimioautotrófico		
Sem produto	$SST = -1,519 * SS^2 + 53,414 * SS + 78,566$	29,822
Turbidez/SST	$SST = -0,002 * Turbidez^2 + 2,614 * Turbidez + 56,532$	27,592

9. Discussão

9.1 Monitoramento da qualidade da água

Em todos os tratamentos, temperatura, pH, oxigênio dissolvido e alcalinidade permaneceram dentro da faixa ideal para o crescimento do *P. vannamei* (Furtado et al.,

2015; Van Wyk e Scarpa, 1999) bem como os parâmetros de amônia, nitrito, fosfato, nitrato, e salinidade (Decamp et al., 2003; Lin e Chen, 2003; Prates et al., 2024; Robles-Porchas et al., 2020). Os maiores níveis de oxigênio dissolvido observados no tratamento predominantemente fotoautotrófico podem estar relacionados com o processo de fotossíntese devido à dominância de microalgas (Hargreaves, 2006).

Ao longo deste experimento, os valores médios de NAT e N-NO_2^- foram mantidos dentro da concentração segura estimada para o cultivo de camarão para a salinidade em torno de 30 g. L^{-1} , onde NAT deve ser mantida abaixo de 1 mg. L^{-1} e N-NO_2^- abaixo de 10 mg. L^{-1} (Robles-Porchas et al., 2020; Samocha e Prangnell, 2019). No entanto, Lin e Chen (2003) reportaram que os níveis de segurança de nitrito para salinidades de 25 a 35 g. L^{-1} estão em torno de 15,2 a 25,7 mg. L^{-1} . Os picos de NAT e N-NO_2^- observado no início do experimento para o tratamento fotoautotrófico podem ter relação com a mortalidade das microalgas, que gera uma concentração elevada de nitrogênio e acelerando a transição do meio dominado por microalgas para o meio heterotrófico dominado por bactérias (Browdy et al., 2001; Hargreaves, 2013).

Similarmente, o tratamento quimioautotrófico apresentou altas concentrações de N-NO_2^- nessas semanas, apesar da utilização do inóculo e de ser um meio caracterizado por bactérias oxidantes de N-NO_2^- . É provável que essas bactérias não estivessem estabelecidas para controlar as altas concentrações de N-NO_2^- geradas pela alta densidade de estocagem. Além disso, a remoção do floco para as análises de SS pode ter dificultado inicialmente o estabelecimento das microalgas e bactérias, reduzindo-as a tal ponto que os nitrogenados aumentaram e não foram gerenciados de forma eficiente (Ebeling et al., 2006). No entanto, após a estabilização das bactérias oxidantes de N-NO_2^- , os nitrogenados foram geridos de forma mais eficiente independentemente das análises de SS. O menor valor de ortofosfato presente no tratamento predominantemente fotoautotrófico têm relação com a assimilação pelas microalgas, que tem a capacidade de assimilar esse nutriente de forma eficiente (Leng et al., 2018).

9.2 Avaliação da comunidade de microrganismos

Na produção em bioflocos, a comunidade de microrganismos atua na manutenção da qualidade da água através da ciclagem de nutrientes, garantindo o funcionamento do sistema (Emerenciano et al., 2013; Khanjani et al., 2022). As condições de formação dos

746 bioflocos influenciam diretamente a composição microbiana, resultando em variações na
747 diversidade microbiana, pois cada ambiente favorece a formação de agregados
748 microbianos distintos, adaptados às características específicas do meio (Ebeling et al.,
749 2006; Emerenciano et al., 2017; Hargreaves, 2013). Além das bactérias que caracterizam
750 cada sistema existe uma relação entre essas bactérias, microalgas e zooplâncton (Khanjani
751 et al., 2022). Neste estudo, o meio predominantemente fotoautotrófico proporcionou a
752 dominância de planctonema em todas as análises, sendo atribuída ao inóculo usado no
753 início do experimento. As análises finais sugerem que o meio predominantemente
754 quimioautotrófico contribuiu para o crescimento e dominância de flagelados e
755 diatomáceas. A dominância desses microrganismos são frequentes em sistemas de
756 bioflocos (Pimentel et al., 2023). No entanto, as diatomáceas podem dominar no sistema
757 quando os ambientes apresentam poucas concentrações de matéria orgânica e em
758 condições de luz reduzida (Baloi et al., 2013; Round et al., 1990). Por ser característica
759 do sistema a pouca disponibilidade de matéria orgânica no tratamento quimioautotrófico
760 e o sombreamento nos tanques podem ter favorecido a presença das diatomáceas.

761 O crescimento de amebas foi proporcionado apenas no meio predominantemente
762 heterotrófico no início do cultivo. As amebas se alimentam de bactérias, flagelados,
763 ciliados, algas, rotíferos e nematoides (Lara et al., 2017), permanecendo em abundância
764 no ambiente até que a quantidade de nutriente disponível seja suficiente para aumentar a
765 taxa de crescimento de outras espécies de microrganismos (Decamp et al., 1999; Silva et
766 al., 2008). Esse efeito foi observado no presente estudo, onde o meio predominantemente
767 heterotrófico proporcionou o crescimento e predomínio de ciliados, rotíferos e
768 nematoides no final do cultivo.

769

770 **9.3 Composição proximal**

771 Além de lidar com a ciclagem de nutrientes, os microrganismos auxiliam na
772 nutrição da espécie cultivada (Emerenciano et al., 2013), contribuindo para um melhor
773 desempenho zootécnico (Burford et al., 2004; Kuhn et al., 2010). No entanto, os bioflocos
774 dos tratamentos predominantemente fotoautotrófico, heterotrófico e quimioautotrófico
775 podem apresentar diferentes níveis de proteína, lipídios, cinzas e fibra devido às
776 diferentes composições microbianas (Samocha et al., 2017). Os resultados demonstraram
777 que o tratamento predominantemente fotoautotrófico foi significativamente mais rico em

778 proteína que o heterotrófico e numericamente superior que o quimioautotrófico. Isso pode
779 ter acontecido devido à dominância das microalgas ao longo do período experimental,
780 contribuindo para uma maior quantidade de proteínas. Apesar de não ter sido realizado
781 análises de bactérias durante a pesquisa, estudos afirmam que diversas bactérias
782 predominam nos sistemas de bioflocos e são importantes fontes de proteína (Silva et al.,
783 2008). Por outro lado, o tratamento predominantemente heterotrófico foi
784 significativamente mais rico em lipídios, comparado aos outros tratamentos. Essa
785 diferença pode estar atribuída à dominância dos nematoides, flagelados, ciliados e
786 algumas espécies de bactérias que têm a capacidade de produzir grandes quantidades de
787 lipídios quando se encontra em condições adequadas (Silva et al., 2008; Narendra et al.,
788 2010).

789

790 **9.4 Desempenho zootécnico**

791 Os resultados de desempenho zootécnico demonstraram que o tratamento
792 predominantemente heterotrófico foi mais eficiente em aumentar o peso médio final,
793 crescimento semanal, biomassa final e produtividade dos camarões sem comprometer a
794 taxa de sobrevivência. Estudos mostram que o *P. vannamei* tem um bom crescimento em
795 sistemas heterotróficos devido a qualidade dos bioflocos (Ferreira et al., 2021). Nesse
796 estudo o melhor controle dos nitrogenados no tratamento predominantemente
797 heterotrófico, aliada a dominância dos microrganismos pode ter contribuído para o
798 melhor índice zootécnico. Por outro lado, os picos de nitrito que causaram a redução na
799 quantidade de ração ofertada podem ter influenciado no desempenho e sobrevivência dos
800 camarões nos tratamentos predominantemente fotoautotrófico e quimioautotrófico.
801 Entretanto, o crescimento semanal pode ter sido afetado pela alta densidade de estocagem
802 adotada no presente estudo. Silveira et al. (2020) e Krummenauer et al. (2011) mostraram
803 que à medida que aumenta a densidade de estocagem o crescimento semanal do camarão
804 diminui.

805

806 **9.5 Análises de correlação e regressão entre sólidos suspensos totais, sólidos 807 sedimentáveis e turbidez**

808 Na produção superintensiva em sistemas de bioflocos, onde há ausência de troca de
809 água, os sólidos tendem a acumular durante o período de cultivo (Emerenciano et al.,

2022; Krummenauer et al., 2011). Os SST, SS e turbidez são metodologias adotadas para quantificar os sólidos presentes em sistemas de bioflocos e gerenciá-los. Conforme (Samocha e Prangnell, 2019; Schweitzer et al., 2013) recomendam uma concentração de SST de no máximo 600 mg. L⁻¹, SS entre 10 e 14 ml. L⁻¹ e turbidez entre 75 e 200 para o *P. vannamei*. Esses parâmetros ficaram dentro da faixa aceitável ao longo do experimento.

No entanto, no tratamento predominantemente heterotrófico os valores de SS aumentando rapidamente a partir da quinta semana de pesquisa. A partir desse momento o floco começou a ficar gelatinoso, com sua estrutura e partículas maiores. Isso pode estar atribuído aos maiores níveis de lipídios presente no tratamento heterotrófico, presença de microrganismos com filamentos e a eliminação dos sólidos durante as reposições constantes de água devido a aplicação das doses nas análises em cone Imhoff, que influenciou na estrutura e tamanho dos bioflocos. Causando mudanças na composição microbiana que pode ocorrer em sistemas de bioflocos em condições de estresse, interferindo na compactação e sedimentação dos bioflocos (Schweitzer et al., 2024, 2020; Soaudy et al., 2023). Para o bom funcionamento do sistema a comunidade microbiana benéfica deve ser desenvolvida e sustentada ao decorrer do cultivo, levando em consideração o conhecimento e a capacidade em monitorar essas mudanças que ocorre no manejo dos bioflocos a fim de melhorar a sua qualidade (Ray et al., 2010).

Devido ao maior custo e tempo para analisar os SST, os valores de turbidez ou de SS podem ser usados para determinar as concentrações de SST através de modelos matemáticos (Santos et al., 2025). No entanto, os valores de SST e SS podem não apresentar uma correlação direta, pois à medida que os SST aumentam, os SS podem oscilar no cone Imhoff. Assim, o presente estudo, aplicando diferentes doses de diferentes produtos químicos para forçar a sedimentação de diferentes tipos de bioflocos em cone Imhoff, foi necessário para aprimorar a correlação entre SST e SS e obter uma metodologia fácil, rápida e eficaz para estimar os níveis de SST.

No presente estudo, os resultados de R² sugerem que os três produtos testados e suas doses aplicadas proporcionaram correlações positivas entre as análises de SST e SS, sendo classificadas como forte para o tratamento predominantemente heterotrófico e muito forte para o tratamento fotoautotrófico e quimioautotrófico (Schober et al., 2018). Os resultados também sugerem que a aplicação das doses dos produtos químicos no cone

842 Imhoff pode ser um método eficaz para forçar a sedimentação dos bioflocos, quando
843 comparado com os valores de cone sem a aplicação das doses para os tratamentos
844 fotoautotrófico e heterotrófico. Além disso, os produtos PA e SA foram mais eficientes
845 na decantação e compactação dos bioflocos nos tratamentos fotoautotrófico e
846 heterotrófico, proporcionando correlações mais fortes. Apesar da dose máxima (2,000 ml.
847 L⁻¹) do produto SA no tratamento heterotrófico ter apresentado uma correlação mais forte
848 que as outras doses, não pode ser indicada, pois, ao observar o processo de sedimentação
849 durante as análises, foi possível perceber que o floco não decantou corretamente, ficando
850 expandido no cone Imhoff, com espaços entre os flocos, impossibilitando a sua leitura
851 com precisão, comprovando o que foi observado no experimento I com as doses máximas
852 do SA.

853 Por outro lado, a dose máxima do produto SA contribuiu com uma boa decantação
854 e com correlação satisfatória para o tratamento predominantemente fotoautotrófico. Isso
855 acontece porque cada produto possui um nível de segurança adequado para forçar a
856 sedimentação do floco a depender da composição de microrganismos presente no meio,
857 pH, temperatura, tamanho das partículas e dosagem dos produtos (Musteret et al., 2021;
858 Thakur et al., 2021; Yan et al., 2008). Salazar Gámez et al. (2015) e Zouboulis et al.
859 (2007) afirmaram que os coagulantes possuem um nível de dosagem apropriado para
860 reduzir os parâmetros da água no tratamento de qualidade da água e efluentes, pois a
861 eficiência na remoção da cor é afetada à medida que ultrapassa a dose ideal. Resultados
862 parecidos foram observados nesta pesquisa nas análises de SS com a dose máxima do
863 produto SA no meio predominantemente heterotrófico.

864 A correlação muito forte observada no tratamento fotoautotrófico entre SST e SS
865 ocorreu devido o experimento ter sido instalado em uma estufa aquícola e o local da
866 realização das análises de SS foram escurecidos com uma lona preta para que não tivesse
867 a influência da intensidade luminosa, o que ajudou na sedimentação e compactação do
868 bioflocos.

869 Contudo, no tratamento predominantemente quimioautotrófico o cone sem
870 produtos apresentou uma correlação melhor quando comparado com a aplicação das
871 doses. Isso afirma que os diferentes produtos testados não reagiram positivamente nesse
872 meio de cultivo para melhorar a relação entre SS e SST. Porém, a relação entre SS e
873 turbidez melhorou com a aplicação das doses dos diferentes produtos químicos e não

foram observados influência de microrganismos ou intensidade luminosa sobre a decantação e compactação do bioflocos nas análises de cone Imhoff. Possivelmente isso tem relação com a comunidade de microrganismos que predomina nesse sistema de cultivo (Dauda, 2020). Visto que o tratamento quimioautotrófico foi dominado por diatomáceas nas análises finais.

Embora a correlação encontrada entre os valores de SST e SS nas análises de cone Imhoff sem o produto nos tratamentos predominantemente fotoautotrófico e heterotrófico tenham mostrado menores valores de R^2 comparando com as análises com aplicação dos produtos, quando os níveis de SST aumentavam de faixa os SS variavam devido a fatores ambientais e a própria composição dos microrganismos afetando a correlação existente entre esses parâmetros. Resultados parecidos foram descritos por (Schveitzer et al., 2013).

No entanto, a correlação encontrada entre SST e turbidez foi classificada como muito forte para todos os tratamentos (Schober et al., 2018). Isso aconteceu, pois, com o aumento da turbidez, ocorreu o aumento dos SST. A turbidez é uma unidade de medida rápida e prática que mede a transparência da água em comparação aos SST. Além do cone Imhoff, é sugerido que o SST possa ser estimado através da turbidez (Samocha et al., 2017; Schveitzer et al., 2013; Teramoto et al., 2024) e seguindo os modelos matemáticas disponível na (Tabela 12). Com base no R^2 entre SS e turbidez (Tabela 11) também pode ser sugerido que os níveis de SS possam ser estimados através da análise de turbidez, visto que nessa pesquisa a correlação observada entre esses dois parâmetros foi classificada como forte e muito forte.

10. Conclusão

A aplicação das diferentes doses nos tratamentos predominantemente fotoautotrófico e heterotrófico permitiu melhorar a decantação e compactação dos SS nas análises de cone Imhoff. Os produtos sulfato de alumínio e policloreto de alumínio foram os mais eficientes em forçar a compactação e sedimentação nos tratamentos fotoautotrófico e heterotrófico. No entanto, o tratamento predominantemente quimioautotrófico apresentou valores de correlação mais forte entre SS e SST nas análises realizadas sem a adição de produtos químicos, comprovando que os produtos não reagiram positivamente nesse meio de cultivo.

905 Levando em conta a influência da radiação solar sobre a decantação e compactação
906 dos bioflocos no tratamento predominantemente fotoautotrófico, torna-se necessário a
907 realização das análises de SS em ambientes onde a luminosidade seja atenuada.
908 Considerando o menor erro padrão de estimativa, é aconselhado ao produtor que além do
909 cone, os SST possam ser estimados através da turbidez, que se destaca como uma análise
910 prática, e rápida.

911

912 **11. Conclusão geral e considerações finais**

913 Com base nos resultados dessa pesquisa fica claro que foi possível forçar a
914 sedimentação dos SS com a aplicação das diferentes doses dos produtos policloreto de
915 alumínio, sulfato de cobre e sulfato de alumínio. E que são eficientes para serem aplicados
916 nas análises de SS em cone Imhoff em diferentes predomínios de microrganismos.

917 A utilização desses produtos nas análises de cone Imhoff mostrou ser um método
918 eficaz para ser aplicável tanto por pesquisadores em instituições de ensino e por
919 produtores em fazendas de cultivo. Essa ferramenta permite determinar a faixa de SST
920 nos tanques de cultivo através das análises de SS ou turbidez, utilizando os modelos
921 matemáticos sugerido nesse estudo. Podendo ser aplicada em sistemas de pequena escala
922 e em sistemas de escala comercial, contribuindo significativamente para a redução dos
923 custos e do tempo necessário para realizar as análises de SST.

924 Nos sistemas de bioflocos as análises de turbidez para estimar as concentrações de
925 SST podem ser utilizadas em fazendas de cultivo com pouca disponibilidade hídrica e em
926 sistemas de pequena escala comercial. Entretanto, a aplicação dos produtos químicos nas
927 análises de SS em cone Imhoff podem ser realizadas em ambientes de cultivo que tenha
928 uma boa disponibilidade hídrica e sistemas de grandes escalas comercial. Levando em
929 conta o valor de cada produto químico utilizado nessa pesquisa, dentre os três diferentes
930 produtos o policloreto de alumínio possui um valor de mercado mais acessível.

931

932 **12. Referências**

933 Ahmad, A., Abdullah, S.R.S., Hasan, H.A., Othman, A.R., Ismail, N. Izzati, 2021.
934 Plant-based versus metal-based coagulants in aquaculture wastewater
935 treatment: Effect of mass ratio and settling time. Journal of Water Process
936 Engineering 43, 102269. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102269>

- 937 Aminot, A., Chaussepied M., 1983. Manuel des analyses chimiques en milieu
938 marin brest: Centre national pour l'exploitation des ceano. Paris.
- 939 AOAC (Association of Official Analytical Chermists), 1995. Official methods of
940 analysis. Washington, p. 1018.
- 941 APHA/AWWA/WEF (American Public Health Association), 2012. Standart
942 methods for the examination of water and wasterwater, 22nd ed. Washington.
- 943 APHA/AWWA/WEF (American Public Health Association), 1998. Standard
944 methods for the examination of water and wastewater. Washington.
- 945 Avnimelech, Y., 2007. Feeding with microbial flocs by tilapia in minimal
946 discharge bio-flocs technology ponds. Aquaculture 264, 140–147.
947 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.11.025>
- 948 Avnimelech, Y., 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture
949 systems. Aquaculture 176, 227–235. [https://doi.org/10.1016/S0044-](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00085-X)
950 [8486\(99\)00085-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00085-X)
- 951 Azim, M.E., Little, D.C., 2008. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks:
952 Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia
953 (*Oreochromis niloticus*). Aquaculture 283, 29–35.
954 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.06.036>
- 955 Baloi, M., Arantes, R., Schweitzer, R., Magnotti, C., Vinatea, L., 2013.
956 Performance of pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* raised in biofloc
957 systems with varying levels of light exposure. Aquac Eng 52, 39–44.
958 <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2012.07.003>
- 959 Bligh, E.G., Dyer, W.J., 1959. A rapid method of total lipid extraction and
960 purification. Can J Biochem Physiol 37, 911–917.
961 <https://doi.org/10.1139/o59-099>
- 962 Browdy, C.L., Bratvold, D., Stokes, A.D., McIntosh, R.P., 2001. Perspectives on
963 the application of closed shrimp culture systems. The new wave, proceedings
964 of the special session on sustainable shrimp culture. World Aquaculture
965 Society 20–34.
- 966 Burford, M.A., Thompson, P.J., McIntosh, R.P., Bauman, R.H., Pearson, D.C.,
967 2004. The contribution of flocculated material to shrimp (*Litopenaeus*
968 *vannamei*) nutrition in a high-intensity, zero-exchange system. Aquaculture
969 232, 525–537. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00541-6](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00541-6)
- 970 Choy, S.Y., Prasad, K.M.N., Wu, T.Y., Raghunandan, M.E., Yang, B., Phang, S.-
971 M., Ramanan, R.N., 2017. Isolation, characterization and the potential use of
972 starch from jackfruit seed wastes as a coagulant aid for treatment of turbid
973 water. Environmental Science and Pollution Research 24, 2876–2889.
974 <https://doi.org/10.1007/s11356-016-8024-z>

- 975 Dauda, A.B., 2020. Biofloc technology: a review on the microbial interactions,
976 operational parameters and implications to disease and health management of
977 cultured aquatic animals. *Rev Aquac* 12, 1193–1210.
978 <https://doi.org/10.1111/raq.12379>
- 979 Decamp, A.O., Warren, R., Sanchez., 1999. The role of ciliated protozoa in
980 subsurface flow wetlands and their potential as bioindicators. *Water Science*
981 *and Technology* 40. [https://doi.org/10.1016/S0273-1223\(99\)00444-8](https://doi.org/10.1016/S0273-1223(99)00444-8)
- 982 Decamp, O., Cody, J., Conquest, L., Delanoy, G., Tacon, A.G.J., 2003. Effect of
983 salinity on natural community and production of *Litopenaeus vannamei*
984 (Boone), within experimental zero-water exchange culture systems. *Aquac*
985 *Res* 34, 345–355. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2003.00842.x>
- 986 Devesa-Rey, R., Fernández, N., Cruz, J.M., Moldes, A.B., 2011. Optimization of
987 the dose of calcium lactate as a new coagulant for the coagulation–
988 flocculation of suspended particles in water. *Desalination* 280, 63–71.
989 <https://doi.org/10.1016/j.desal.2011.06.051>
- 990 Duan, J., Gregory, J., 2003. Coagulation by hydrolysing metal salts. *Adv Colloid*
991 *Interface Sci* 100–102, 475–502. [https://doi.org/10.1016/S0001-](https://doi.org/10.1016/S0001-8686(02)00067-2)
992 [8686\(02\)00067-2](https://doi.org/10.1016/S0001-8686(02)00067-2)
- 993 Ebeling, J.M., Sibrell, P.L., Ogden, S.R., Summerfelt, S.T., 2003. Evaluation of
994 chemical coagulation–flocculation aids for the removal of suspended solids
995 and phosphorus from intensive recirculating aquaculture effluent discharge.
996 *Aquac Eng* 29, 23–42. [https://doi.org/10.1016/S0144-8609\(03\)00029-3](https://doi.org/10.1016/S0144-8609(03)00029-3)
- 997 Ebeling, J.M., Timmons, M.B., Bisogni, J.J., 2006. Engineering analysis of the
998 stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of
999 ammonia–nitrogen in aquaculture systems. *Aquaculture* 257, 346–358.
1000 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2006.03.019>
- 1001 Emerenciano, M., Cuzon, G., Arévalo, M., Miquelajauregui, M.M., Gaxiola, G.,
1002 2013. Effect of short-term fresh food supplementation on reproductive
1003 performance, biochemical composition, and fatty acid profile of *Litopenaeus*
1004 *vannamei* (Boone) reared under biofloc conditions. *Aquaculture International*
1005 21, 987–1007. <https://doi.org/10.1007/s10499-012-9607-4>
- 1006 Emerenciano, M.G.C., Martínez-Córdova, L.R., Martínez-Porchas, M., Miranda-
1007 Baeza, A., 2017. Biofloc Technology (BFT): A tool for water quality
1008 management in aquaculture, in: *Water Quality*. Intech, pp. 92–109.
1009 <https://doi.org/10.5772/66416>
- 1010 Emerenciano, M.G.C., Rombenso, A.N., Vieira, F. d. N., Martins, M.A., Coman,
1011 G.J., Truong, H.H., Noble, T.H., Simon, C.J., 2022. Intensification of penaeid
1012 shrimp culture: an applied review of advances in production systems, nutrition
1013 and breeding. *Animals* 12, 236. <https://doi.org/10.3390/ani12030236>

- 1014 Fernandes da Silva, C., Ballester, E., Monserrat, J., Geracitano, L., Wasielesky Jr,
1015 W., Abreu, P.C., 2008. Contribution of microorganisms to the biofilm
1016 nutritional quality: protein and lipid contents. *Aquac Nutr* 14, 507–514.
1017 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2007.00556.x>
- 1018 Ferreira, G.S., Santos, D., Schmachtl, F., Machado, C., Fernandes, V., Bögner, M.,
1019 Schleder, D.D., Seiffert, W.Q., Vieira, F.N., 2021. Heterotrophic,
1020 chemoautotrophic and mature approaches in biofloc system for Pacific white
1021 shrimp. *Aquaculture* 533, 736099.
1022 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736099>
- 1023 Ferreira, G.S., Silva, V.F., Martins, M.A., da Silva, A.C.C.P., Machado, C.,
1024 Seiffert, W.Q., do Nascimento Vieira, F., 2020. Strategies for ammonium and
1025 nitrite control in *Litopenaeus vannamei* nursery systems with bioflocs. *Aquac*
1026 *Eng* 88, 102040. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2019.102040>
- 1027 Furtado, P.S., Poersch, L.H., Wasielesky, W., 2015. The effect of different
1028 alkalinity levels on *Litopenaeus vannamei* reared with biofloc technology
1029 (BFT). *Aquaculture International* 23, 345–358.
1030 <https://doi.org/10.1007/s10499-014-9819-x>
- 1031 Furtado, P.S., Poersch, L.H., Wasielesky, W., 2011. Effect of calcium hydroxide,
1032 carbonate and sodium bicarbonate on water quality and zootechnical
1033 performance of shrimp *Litopenaeus vannamei* reared in bio-flocs technology
1034 (BFT) systems. *Aquaculture* 321, 130–135.
1035 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.08.034>
- 1036 Gaona, C.A.P., de Almeida, M.S., Viau, V., Poersch, L.H., Wasielesky, W., 2017.
1037 Effect of different total suspended solids levels on a *Litopenaeus vannamei*
1038 (Boone, 1931) BFT culture system during biofloc formation. *Aquac Res* 48,
1039 1070–1079. <https://doi.org/10.1111/are.12949>
- 1040 García-Robledo, E., Corzo, A., Papaspyrou, S., 2014. A fast and direct
1041 spectrophotometric method for the sequential determination of nitrate and
1042 nitrite at low concentrations in small volumes. *Mar Chem* 162, 30–36.
1043 <https://doi.org/10.1016/j.marchem.2014.03.002>
- 1044 Hargreaves, J.A., 2013. Biofloc Production Systems for Aquaculture. Southern
1045 Regional Aquaculture center 4503, 1–12.
- 1046 Hargreaves, J.A., 2006. Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture.
1047 *Aquac Eng* 34, 344–363. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2005.08.009>
- 1048 Jory, D.E., Cabrera, T.R., Dugger, D.M., Fegan, D., Lee, P.G., Lawrence, L.,
1049 Jackson, C.J., McIntosh, R.P., Castañeda, J., 2001. A global review of shrimp
1050 feed management: status and perspectives. pp. 104–152.

- 1051 Khanjani, M.H., Mohammadi, A., Emerenciano, M.G.C., 2022. Microorganisms in
1052 biofloc aquaculture system. *Aquac Rep* 26, 101300.
1053 <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101300>
- 1054 Krummenauer, D., Peixoto, S., Cavalli, R.O., Poersch, L.H., Wasielesky, W.,
1055 2011. Superintensive culture of white shrimp, *Litopenaeus vannamei*, in a
1056 biofloc technology system in southern Brazil at different stocking densities. *J*
1057 *World Aquac Soc* 42, 726–733. [https://doi.org/10.1111/j.1749-](https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2011.00507.x)
1058 [7345.2011.00507.x](https://doi.org/10.1111/j.1749-7345.2011.00507.x)
- 1059 Kuhn, D.D., Smith, S.A., Boardman, G.D., Angier, M.W., Marsh, L., Flick, G.J.,
1060 2010. Chronic toxicity of nitrate to pacific white shrimp, *Litopenaeus*
1061 *vannamei*: Impacts on survival, growth, antennae length, and pathology.
1062 *Aquaculture* 309, 109–114. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.09.014>
- 1063 Lara, G., Krummenauer, D., Abreu, P.C., Poersch, L.H., Wasielesky, W., 2017.
1064 The use of different aerators on *Litopenaeus vannamei* biofloc culture system:
1065 effects on water quality, shrimp growth and biofloc composition. *Aquaculture*
1066 *International* 25, 147–162. <https://doi.org/10.1007/s10499-016-0019-8>
- 1067 Leng, L., Li, J., Wen, Z., Zhou, W., 2018. Use of microalgae to recycle nutrients in
1068 aqueous phase derived from hydrothermal liquefaction process. *Bioresour*
1069 *Technol* 256, 529–542. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.01.121>
- 1070 Lin, Y. C., Chen, J. C., 2003. Acute toxicity of nitrite on *Litopenaeus vannamei*
1071 (Boone) juveniles at different salinity levels. *Aquaculture* 224, 193–201.
1072 [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(03\)00220-5](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(03)00220-5)
- 1073 Luo, G., Gao, Q., Wang, C., Liu, W., Sun, D., Li, L., Tan, H., 2014. Growth,
1074 digestive activity, welfare, and partial cost-effectiveness of genetically
1075 improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultured in a recirculating
1076 aquaculture system and an indoor biofloc system. *Aquaculture* 422–423, 1–7.
1077 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2013.11.023>
- 1078 Minabi, K., Sourinejad, I., Alizadeh, M., Ghatrami, E.R., Khanjani, M.H., 2020.
1079 Effects of different carbon to nitrogen ratios in the biofloc system on water
1080 quality, growth, and body composition of common carp (*Cyprinus carpio* L.)
1081 fingerlings. *Aquaculture International* 28, 1883–1898.
1082 <https://doi.org/10.1007/s10499-020-00564-7>
- 1083 Musteret, C.P., Morosanu, I., Ciobanu, R., Plavan, O., Gherghel, A., Al-Refai, M.,
1084 Roman, I., Teodosiu, C., 2021. Assessment of coagulation–flocculation
1085 process efficiency for the natural organic matter removal in drinking water
1086 treatment. *Water (Basel)* 13, 3073. <https://doi.org/10.3390/w13213073>
- 1087 Narendra, M.V., Shakti, M., Amitesh, S., Bhartendu, N.M., 2010. Prospective of
1088 biodiesel production utilizing microalgae as the cell factories: A
1089 comprehensive discussion. *Afr J Biotechnol* 9, 1402–1411.
1090 <https://doi.org/10.5897/AJBx09.071>

- 1091 Pimentel, O.A.L.F., They, N.H., de Andrade, R.J.V., de Oliveira, V.Q., Amado,
1092 A.M., Gálvez, A.O., Brito, L.O., 2023. Ionic adjustments do not alter plankton
1093 composition in low salinity *Penaeus vannamei* intensive nursery with
1094 synbiotic system. *Chemistry and ecology* 39, 357–375.
1095 <https://doi.org/10.1080/02757540.2023.2186405>
- 1096 Prates, E., Okamoto, M., Holanda, M., Monserrat, J.M., Slater, M.J., Wasielesky,
1097 W., 2024. Determination of acute toxicity and evaluation of the chronic effect
1098 of nitrate on compensatory growth of *Litopenaeus vannamei* reared in a
1099 biofloc technology system. *Aquaculture* 587, 740862.
1100 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2024.740862>
- 1101 Ray, A.J., Drury, T.H., Cecil, A., 2017. Comparing clear-water RAS and biofloc
1102 systems: Shrimp (*Litopenaeus vannamei*) production, water quality, and
1103 biofloc nutritional contributions estimated using stable isotopes. *Aquac Eng*
1104 77, 9–14. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2017.02.002>
- 1105 Ray, A.J., Seaborn, G., Leffler, J.W., Wilde, S.B., Lawson, A., Browdy, C.L.,
1106 2010. Characterization of microbial communities in minimal-exchange,
1107 intensive aquaculture systems and the effects of suspended solids
1108 management. *Aquaculture* 310, 130–138.
1109 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.10.019>
- 1110 Ribeiro, T.F., Fabregat, T.E.H.P., Skoronski, E., 2022. Using tannin-based
1111 coagulant in the control of solids in a biofloc cultivation system: evaluation of
1112 treatment performance and phytotoxicity. *Sustain Water Resour Manag* 8,
1113 173. <https://doi.org/10.1007/s40899-022-00766-2>
- 1114 Robles-Porchas, G.R., Gollas-Galván, T., Martínez-Porchas, M., Martínez-
1115 Cordova, L.R., Miranda-Baeza, A., Vargas-Albores, F., 2020. The
1116 nitrification process for nitrogen removal in biofloc system aquaculture. *Rev*
1117 *Aquac* 12, 2228–2249. <https://doi.org/10.1111/raq.12431>
- 1118 Round F.E., Crawford R.M., Mann D.G., 1990. *The Diatoms: Biology and*
1119 *morphology of the Genera*. Cambridge University Press, Cambridge, USA, p.
1120 747.
- 1121 Salazar Gámez, L.L., Luna-delRisco, M., Cano, R.E.S., 2015. Comparative study
1122 between *M. oleifera* and aluminum sulfate for water treatment: case study
1123 Colombia. *Environ Monit Assess* 187, 668. [https://doi.org/10.1007/s10661-](https://doi.org/10.1007/s10661-015-4793-y)
1124 [015-4793-y](https://doi.org/10.1007/s10661-015-4793-y)
- 1125 Samocha, M.T., Prangnell, D.I., Hanson, T.R., Treece, G.D., Morris, T.C., Castro,
1126 L.F., Staresinic, N., 2017. Design and operation of super-intensive biofloc-
1127 dominated systems for the production of pacific white shrimp.
- 1128 Samocha, T.M., Prangnell, D.I., 2019. Water quality management, in: *Sustainable*
1129 *Biofloc Systems for Marine Shrimp*. Elsevier, pp. 133–151.
1130 <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818040-2.00007-1>

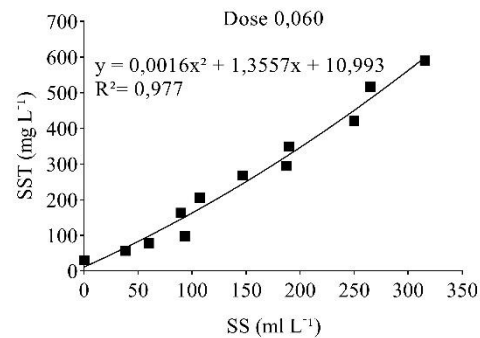
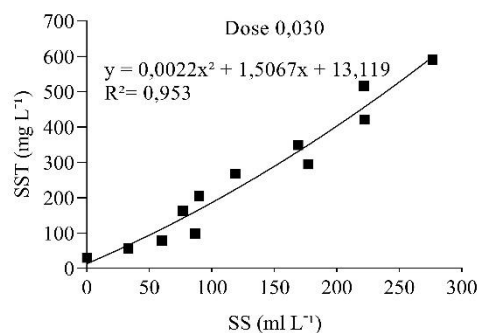
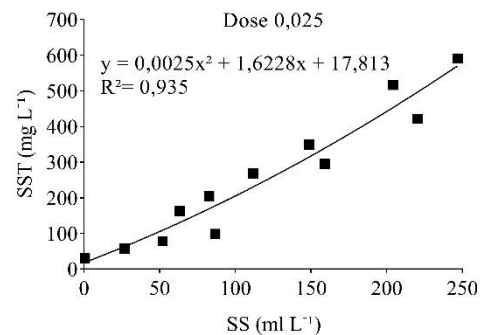
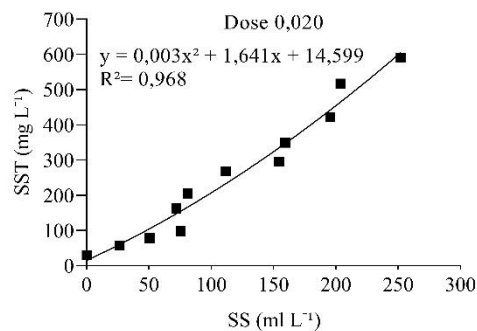
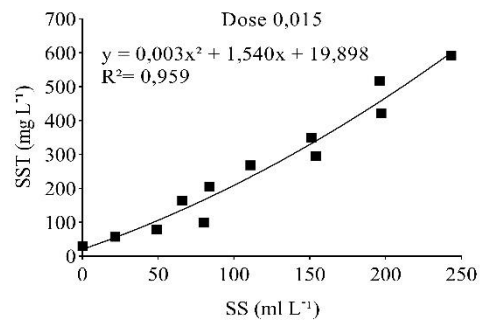
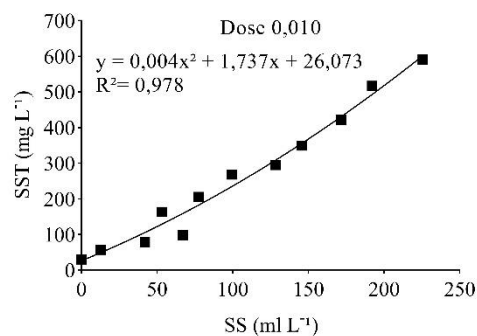
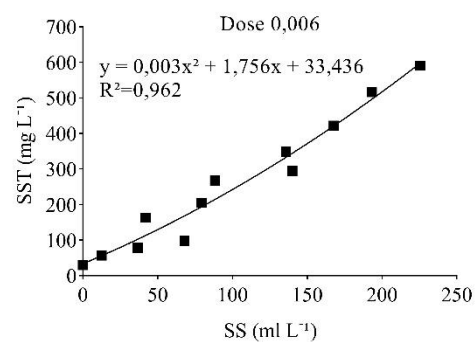
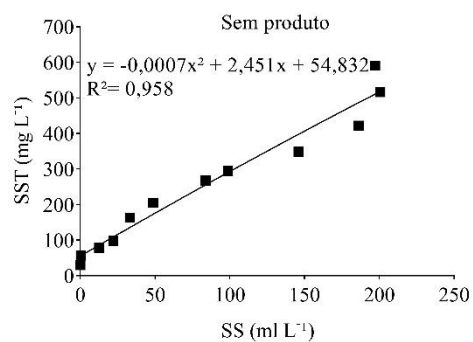
- 1131 Samocha, T.M., Prangnell, D.I., Hanson, T.R., Treece, G.D., Morris, T.C., Castro,
1132 L.F., Staresinic, N., 2017. Design and Operation of Super-Intensive Biofloc-
1133 Dominated Systems for the Production of Pacific White Shrimp.
- 1134 Santos, J.D., Veit, M.T., Juchen, P.T., da Cunha Gonçalves, G., Palácio, S.M.,
1135 Fagundes-Klen, M., 2018. Use of different coagulants for cassava processing
1136 wastewater treatment. J Environ Chem Eng 6, 1821–1827.
1137 <https://doi.org/10.1016/j.jece.2018.02.039>
- 1138 Santos, M., Zemor, J.C., Santos, I., Wasielesky, W., 2025. Estimating total
1139 suspended solids in bioflocs by turbidity. Global Seafood Alliance 1–11.
- 1140 Schober, P., Boer, C., Schwarte, L.A., 2018. Correlation coefficients: appropriate
1141 use and interpretation. Anesth Analg 126, 1763–1768.
1142 <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002864>
- 1143 Schryver, P., C.R., Defoirdt, T., Boon, N., Verstraete, W., 2008. The basics of bio-
1144 flocs technology: The added value for aquaculture. Aquaculture 277, 125–
1145 137. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.02.019>
- 1146 Schryver, P., Crab, R., Defoirdt, T., Boon, N., Verstraete, W., 2008. The basics of
1147 bio-flocs technology: The added value for aquaculture. Aquaculture 277, 125–
1148 137. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.02.019>
- 1149 Schveitzer, R., Arantes, R., Costódio, P.F.S., do Espírito Santo, C.M., Arana, L.V.,
1150 Seiffert, W.Q., Andreatta, E.R., 2013a. Effect of different biofloc levels on
1151 microbial activity, water quality and performance of *Litopenaeus vannamei* in
1152 a tank system operated with no water exchange. Aquac Eng 56, 59–70.
1153 <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2013.04.006>
- 1154 Schveitzer, R., Baccarat, R.F.C., Gaona, C.A.P., Wasielesky, W., Arantes, R.,
1155 2024. Concentration of suspended solids in superintensive culture of the
1156 Pacific white shrimp *Litopenaeus vannamei* with biofloc technology (BFT): A
1157 review. Rev Aquac 16, 785–795. <https://doi.org/10.1111/raq.12867>
- 1158 Schveitzer, R., Fonseca, G., Orteney, N., Menezes, F.C.T., Thompson, F.L.,
1159 Thompson, C.C., Gregoracci, G.B., 2020. The role of sedimentation in the
1160 structuring of microbial communities in biofloc-dominated aquaculture tanks.
1161 Aquaculture 514, 734493. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734493>
- 1162 Sgnaulin, T., Durigon, E.G., Pinho, S.M., Jerônimo, G.T., Lopes, D.L. de A.,
1163 Emerenciano, M.G.C., 2020. Nutrition of Genetically Improved Farmed
1164 Tilapia (GIFT) in biofloc technology system: Optimization of digestible
1165 protein and digestible energy levels during nursery phase. Aquaculture 521,
1166 734998. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.734998>
- 1167 Silva, J.D., Queiroz, A.C., 2009. Food analysis: chemical and biological methods.
1168 Viçosa.

- 1169 Silveira, L.G.P., Krummenauer, D., Poersch, L.H., Rosas, V.T., Wasielesky, W.,
1170 2020. Hyperintensive stocking densities for *Litopenaeus vannamei* grow-out
1171 in biofloc technology culture system. J World Aquac Soc 51, 1290–1300.
1172 <https://doi.org/10.1111/jwas.12718>
- 1173 Soaudy, M.R., Ghonimy, A., Greco, L.S.L., Chen, Z., Dyzenchauz, A., Li, J.,
1174 2023. Total suspended solids and their impact in a biofloc system: Current
1175 and potentially new management strategies. Aquaculture 572, 739524.
1176 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739524>
- 1177 Strickland, J.D.H., Parsons, T.R., 1972. A practical handbook of seawater analysis.
1178 Canada, p. 167.
- 1179 Teramoto, É.T., Wasielesky, W., Krummenauer, D., Bueno, G.W., Proença, D.C.,
1180 Gaona, C.A.P., 2024. Applying machine learning for estimating total
1181 suspended solids in BFT aquaculture system. Aquac Eng 106, 102439.
1182 <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2024.102439>
- 1183 Thakur, A.K., Kumar, R., Chaudhari, P., Shankar, R., 2021. Removal of heavy
1184 metals using bentonite clay and inorganic coagulants, in: Removal of
1185 Emerging Contaminants through Microbial Processes. Springer singapore,
1186 Singapore, pp. 47–69. https://doi.org/10.1007/978-981-15-5901-3_3
- 1187 Unesco, 1983. Chemical methods for use in marine environmental monitoring. pp.
1188 1–53.
- 1189 Utermöhl, H., 1958. Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton-
1190 methodik. Internationale vereinigung für theoretische und angewandte
1191 limnologie: mitteilungen. SIL communications, 1953-1996 9, 1–38.
1192 <https://doi.org/10.1080/05384680.1958.11904091>
- 1193 Van, W., Scarpa, P.J., 1999. Water Quality and Management. In: Peter Van Wyk,
1194 Megan Davis-Hodgkins, Rolland Laramore, Kevan L. Main, Joe Mountain,
1195 John Scarpa. Farming Marine Shrimp in Recirculating Freshwater Systems.
1196 Florida Depart ment of Agriculture and Consumer Services, Tallahassee.
- 1197 Yan, M., Wang, D., Ni, J., Qu, J., Chow, C.W.K., Liu, H., 2008. Mechanism of
1198 natural organic matter removal by polyaluminum chloride: Effect of coagulant
1199 particle size and hydrolysis kinetics. Water Res 42, 3361–3370.
1200 <https://doi.org/10.1016/j.watres.2008.04.017>
- 1201 Zar, J., 2010. Biostatistical analysis. Pretience hall, upper saddler river.
- 1202 Zemor, J.C., Wasielesky, W., Fóes, G.K., Poersch, L.H., 2019. The use of clarifiers
1203 to remove and control the total suspended solids in large-scale ponds for
1204 production of *Litopenaeus vannamei* in a biofloc system. Aquac Eng 85, 74–
1205 79. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2019.03.001>
- 1206 Zouboulis, A.I., Traskas, G., Ntolia, A., 2007. Comparable evaluation of iron-
1207 based coagulants for the treatment of surface water and of contaminated tap

1208 water. Sep Sci Technol 42, 803–817.
1209 <https://doi.org/10.1080/01496390601174190>
1210
1211

1212 Anexos I- Experimento I

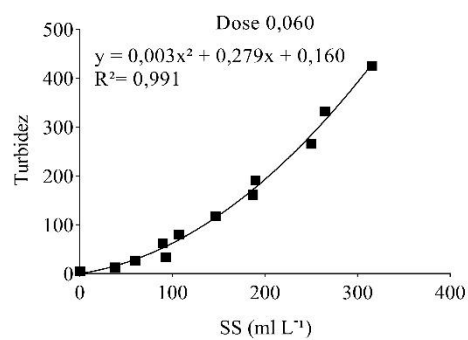
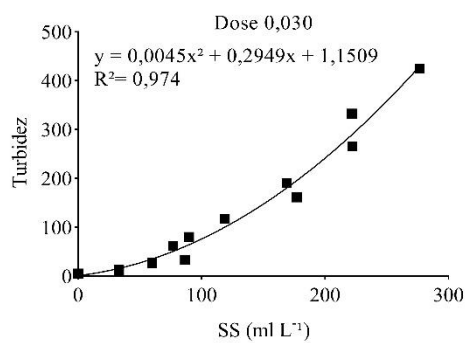
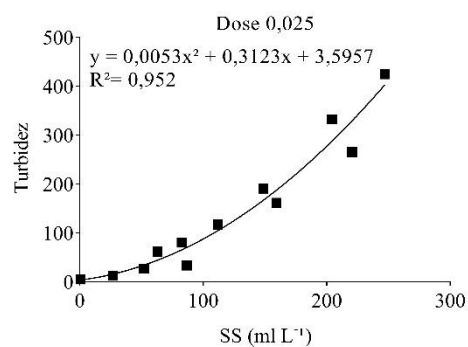
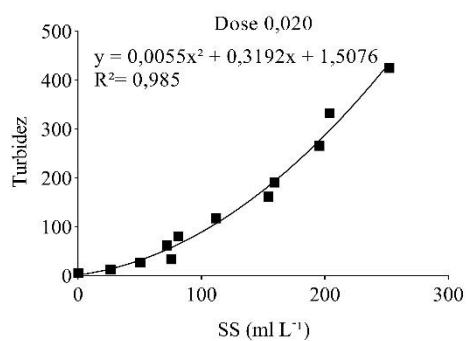
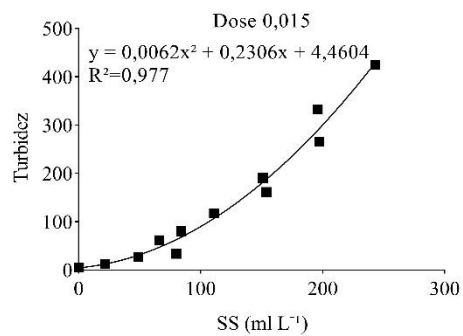
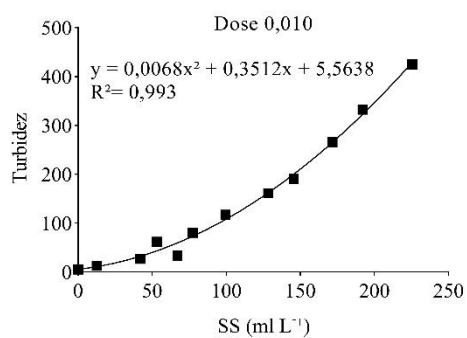
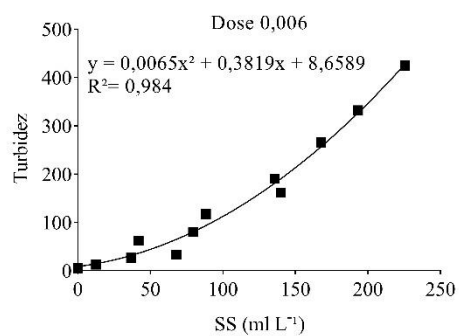
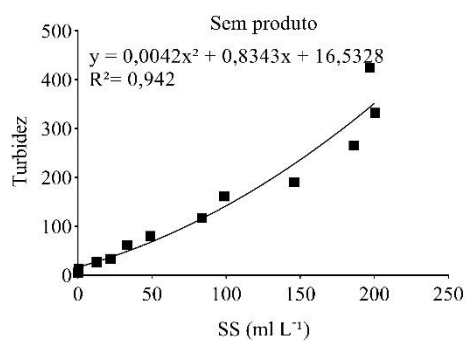
1213 Correlação entre SST e SS das doses do produto policloreto de alumínio (100%;
1214 PA) no tratamento fotoautotrófico.



1215

1216

1217 Correlação entre turbidez e SS das doses do produto policloreto de alumínio (100%;
 1218 PA) no tratamento fotoautotrófico.

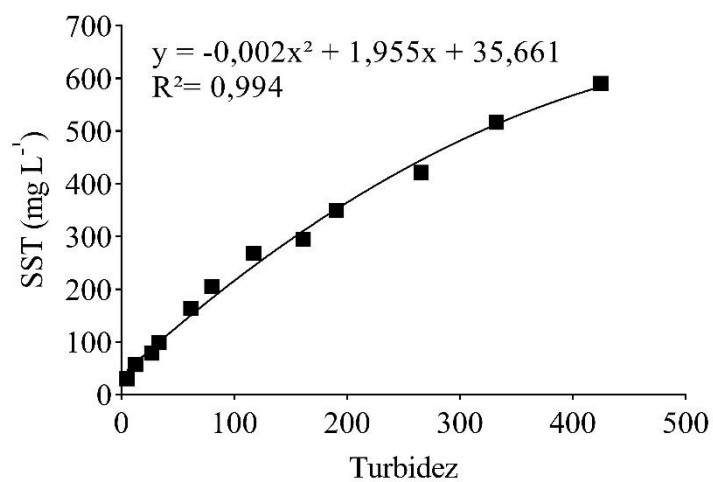


1219

1220

1221

1222 Correlação entre SST e turbidez no tratamento fotoautotrófico.



1223

1224

1225

1226

1227

1228

1229

1230

1231

1232

1233

1234

1235

1236

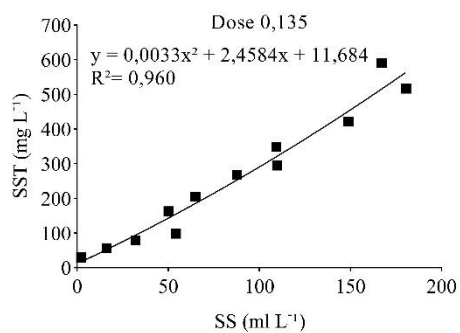
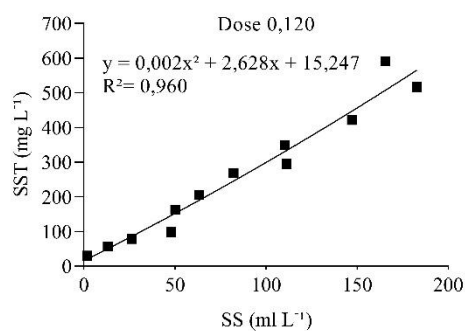
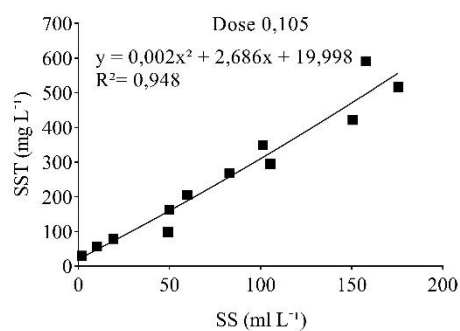
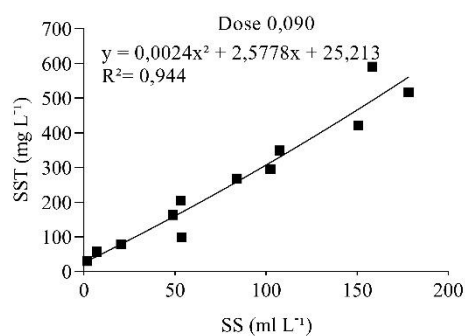
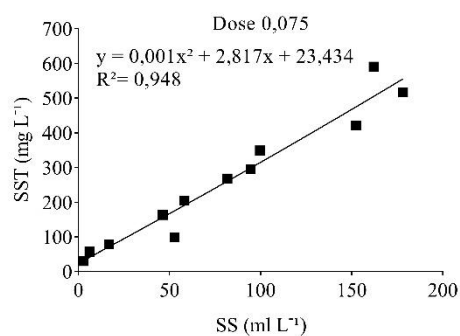
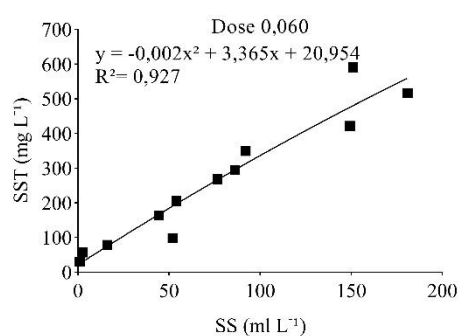
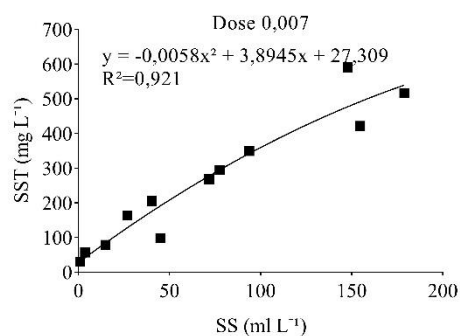
1237

1238

1239

1240

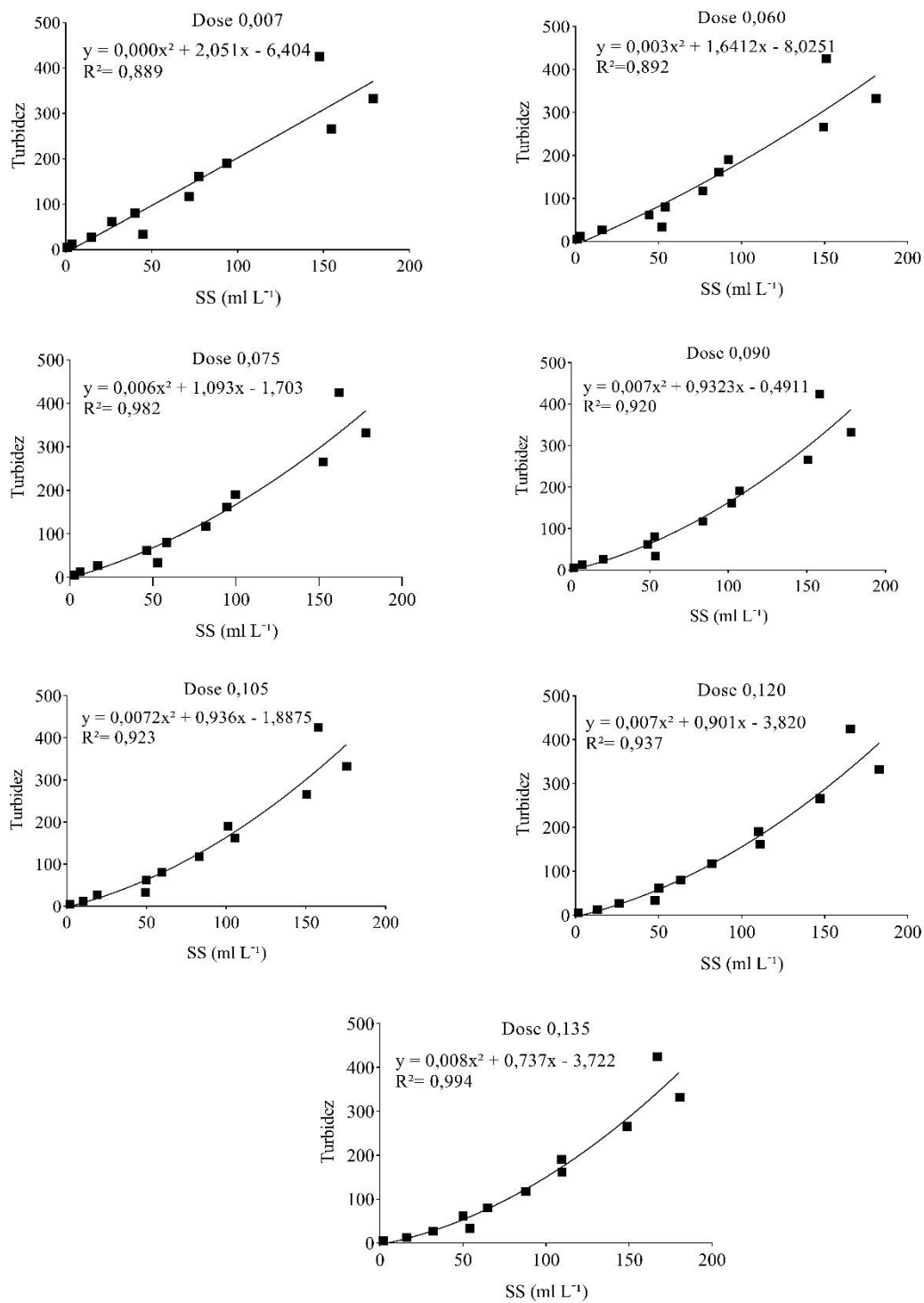
1241 Correlação entre SST e SS das doses do produto sulfato de cobre (19,5%; SC) no
 1242 tratamento fotoautotrófico.



1243

1244

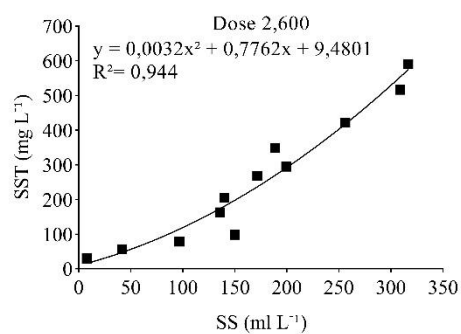
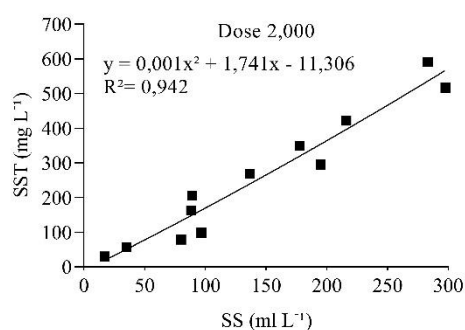
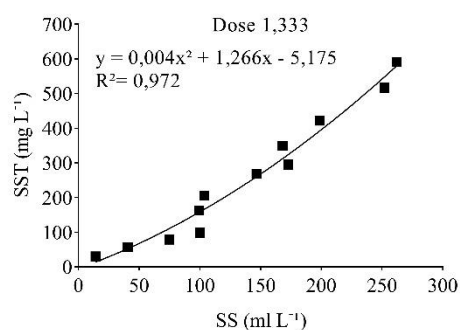
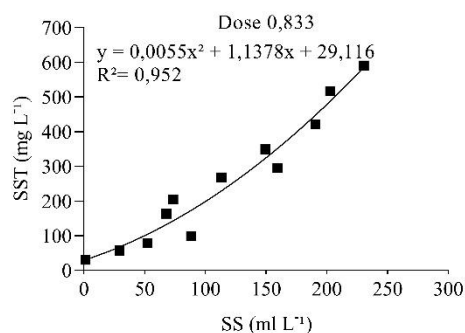
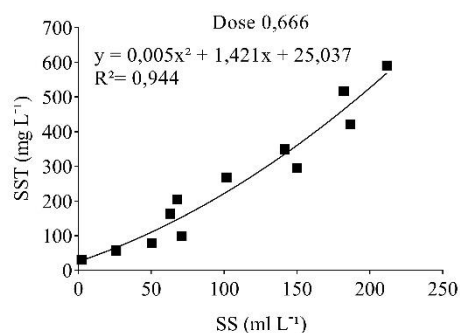
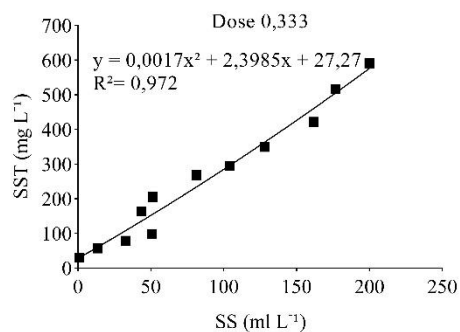
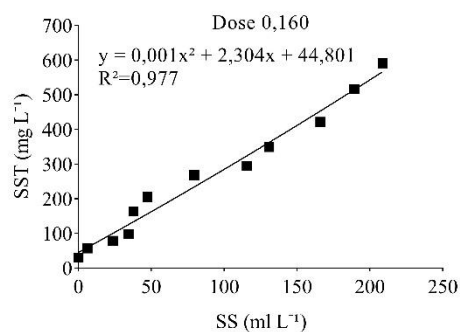
1245 Correlação entre turbidez e SS das doses do produto sulfato de cobre (19,5%; SC)
 1246 no tratamento fotoautotrófico.



1247

1248

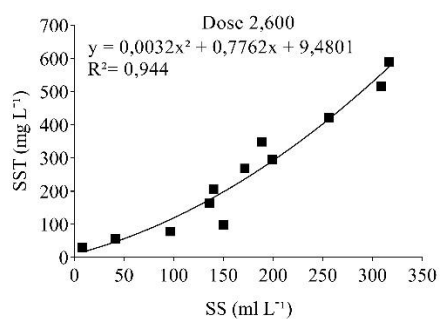
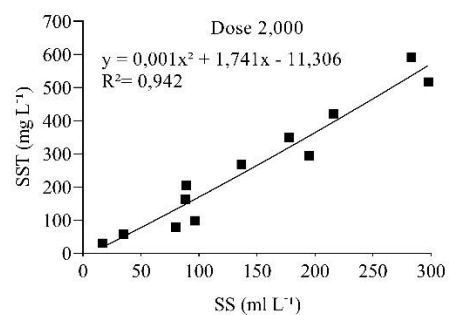
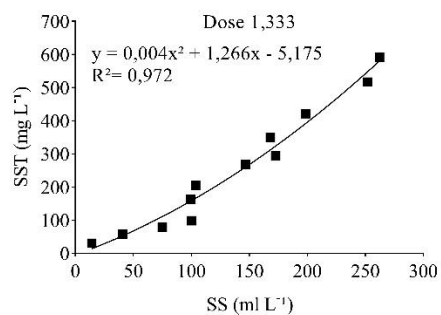
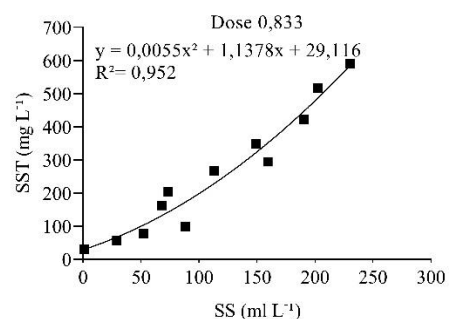
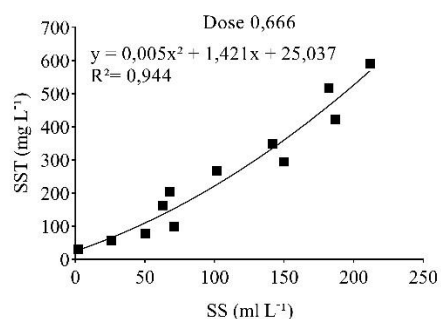
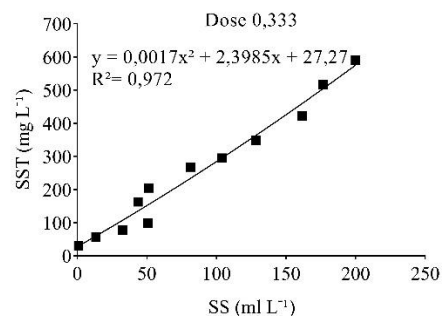
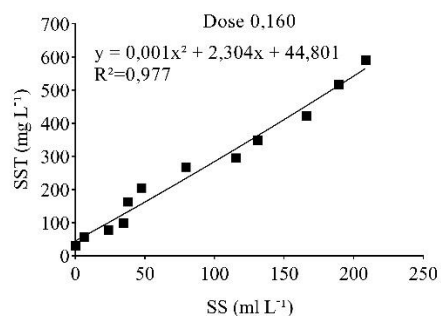
1249 Correlação entre SST e SS das doses do produto sulfato de alumínio (100%; SA)
 1250 no tratamento fotoautotrófico.



1251

1252

1253 Correlação entre turbidez e SS das doses do produto sulfato de alumínio (100%;
1254 SA) no tratamento fotoautotrófico.



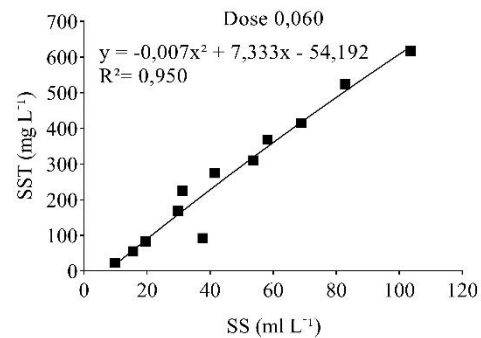
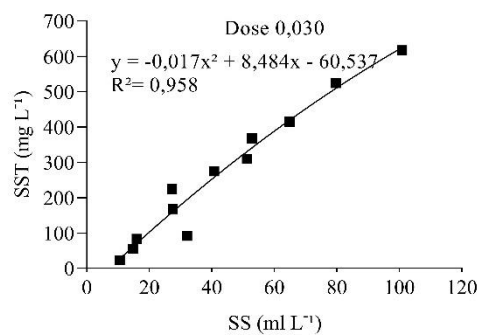
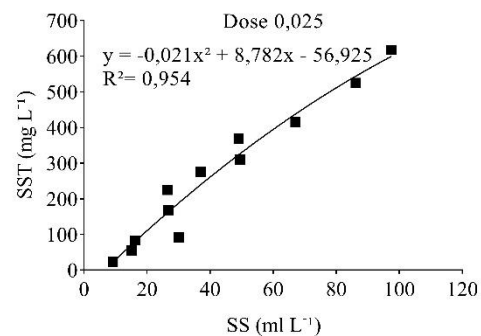
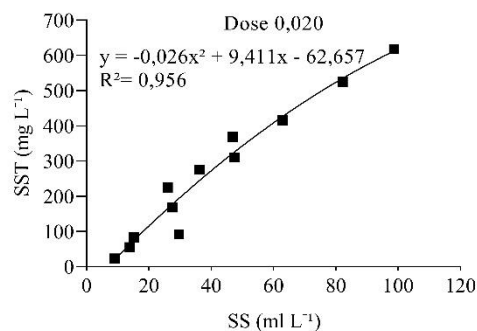
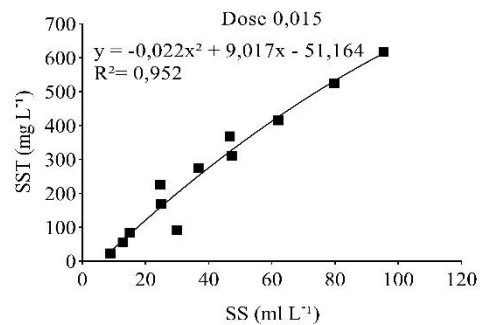
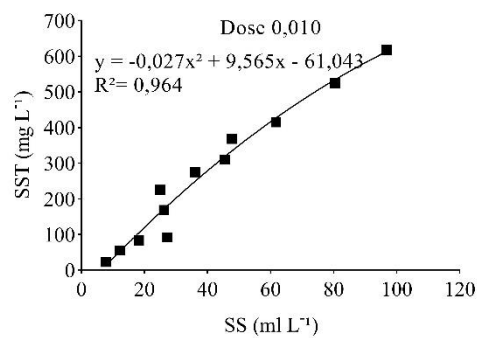
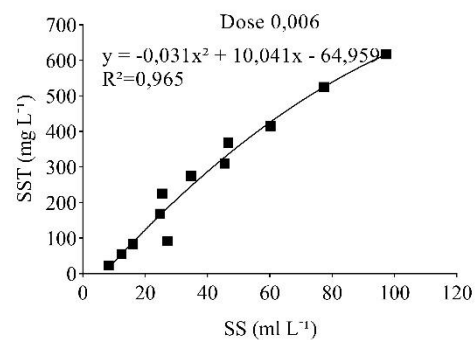
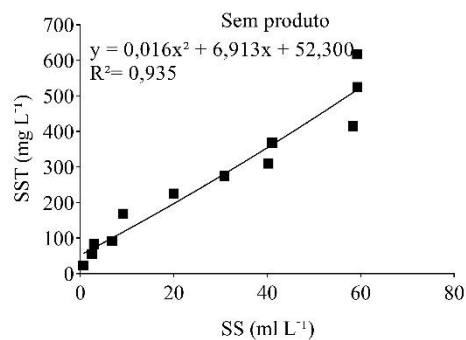
1255

1256

1257

1258

1259 Correlação entre SST e SS das doses do produto policloreto de alumínio (100%;
1260 PA) no tratamento heterotrófico.



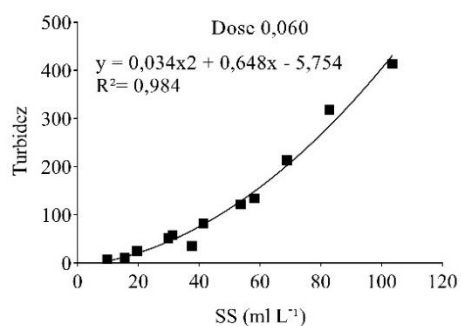
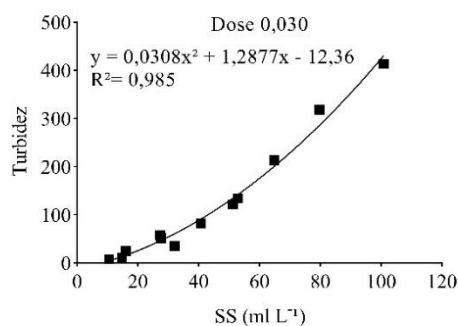
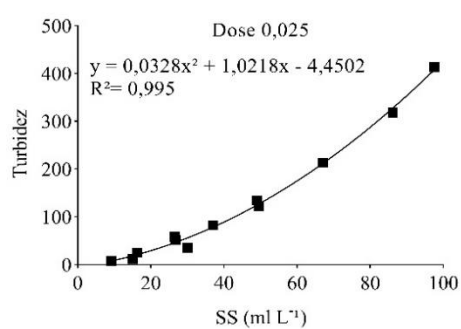
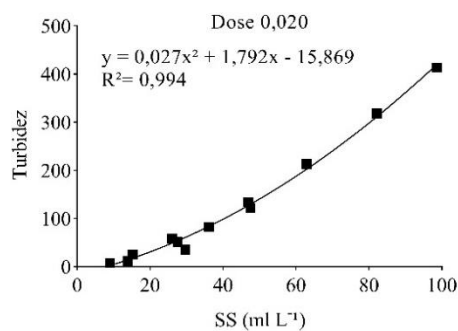
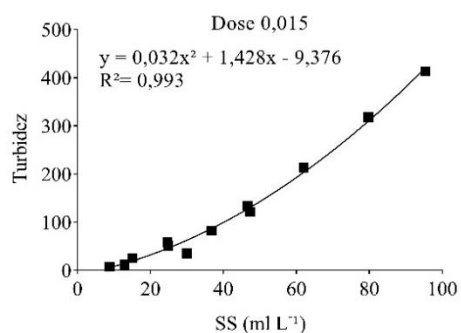
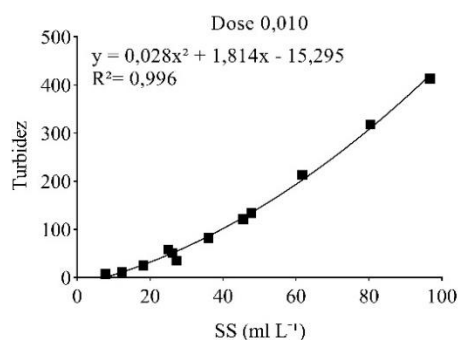
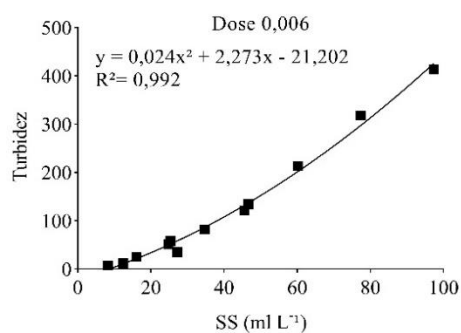
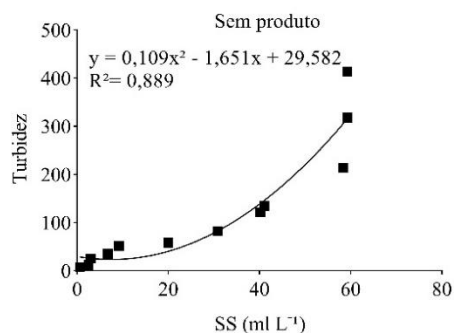
1261

1262

1263

1264

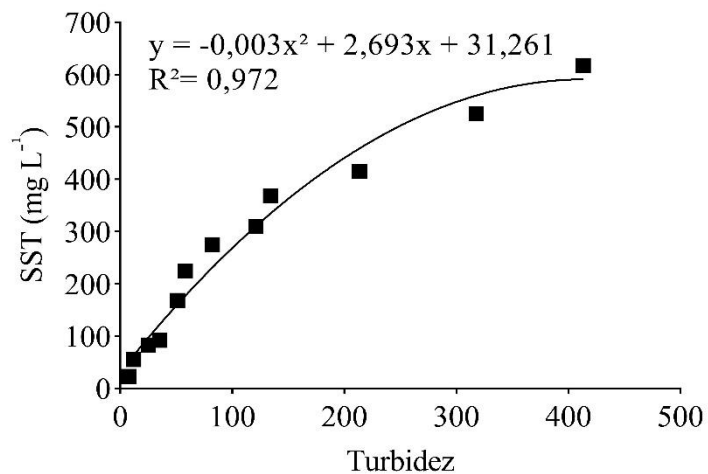
1265 Correlação entre turbidez e SS das doses do produto policloreto de alumínio (100%;
1266 PA) no tratamento heterotrófico.



1267

1268

Correlação entre SST e SS no tratamento heterotrófico.



1269

1270

1271

1272

1273

1274

1275

1276

1277

1278

1279

1280

1281

1282

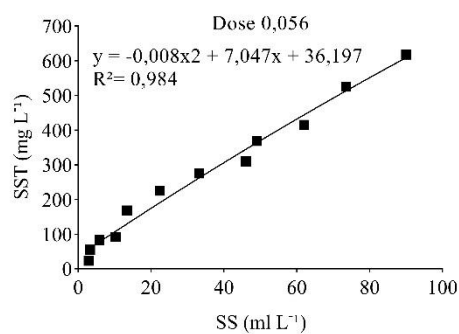
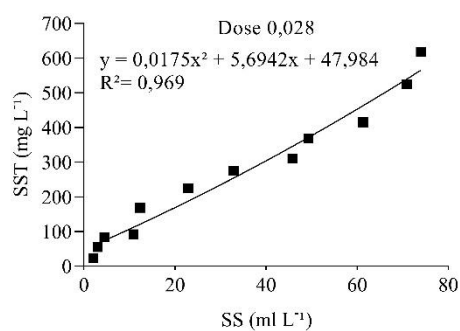
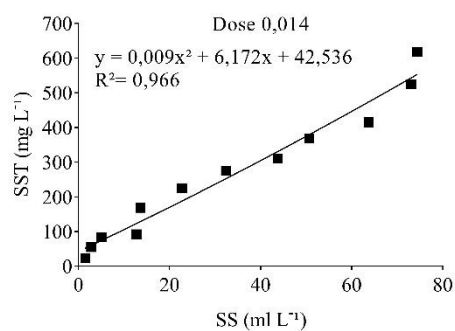
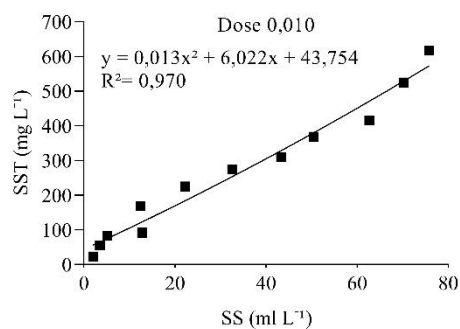
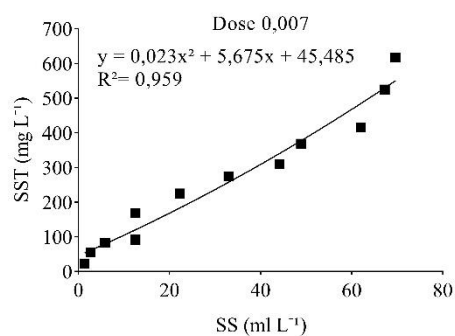
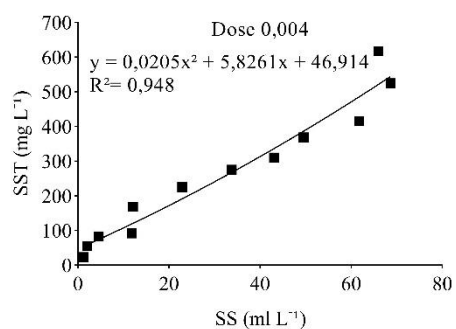
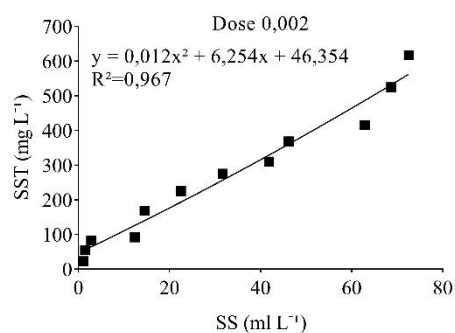
1283

1284

1285

1286

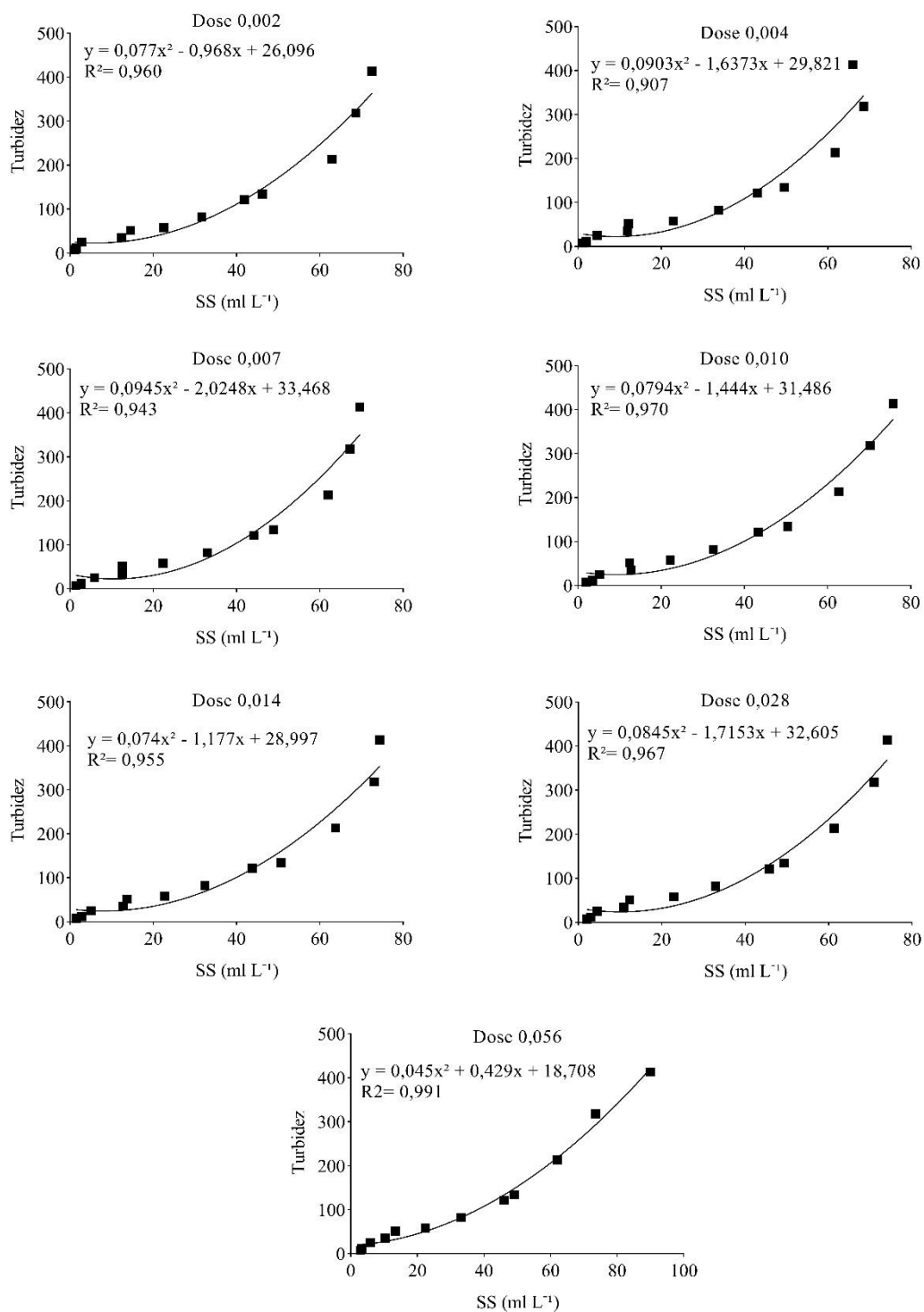
1287 Correlação entre SST e SS das doses do produto sulfato de cobre (19,5%; SC) no
 1288 tratamento heterotrófico.



1289

1290

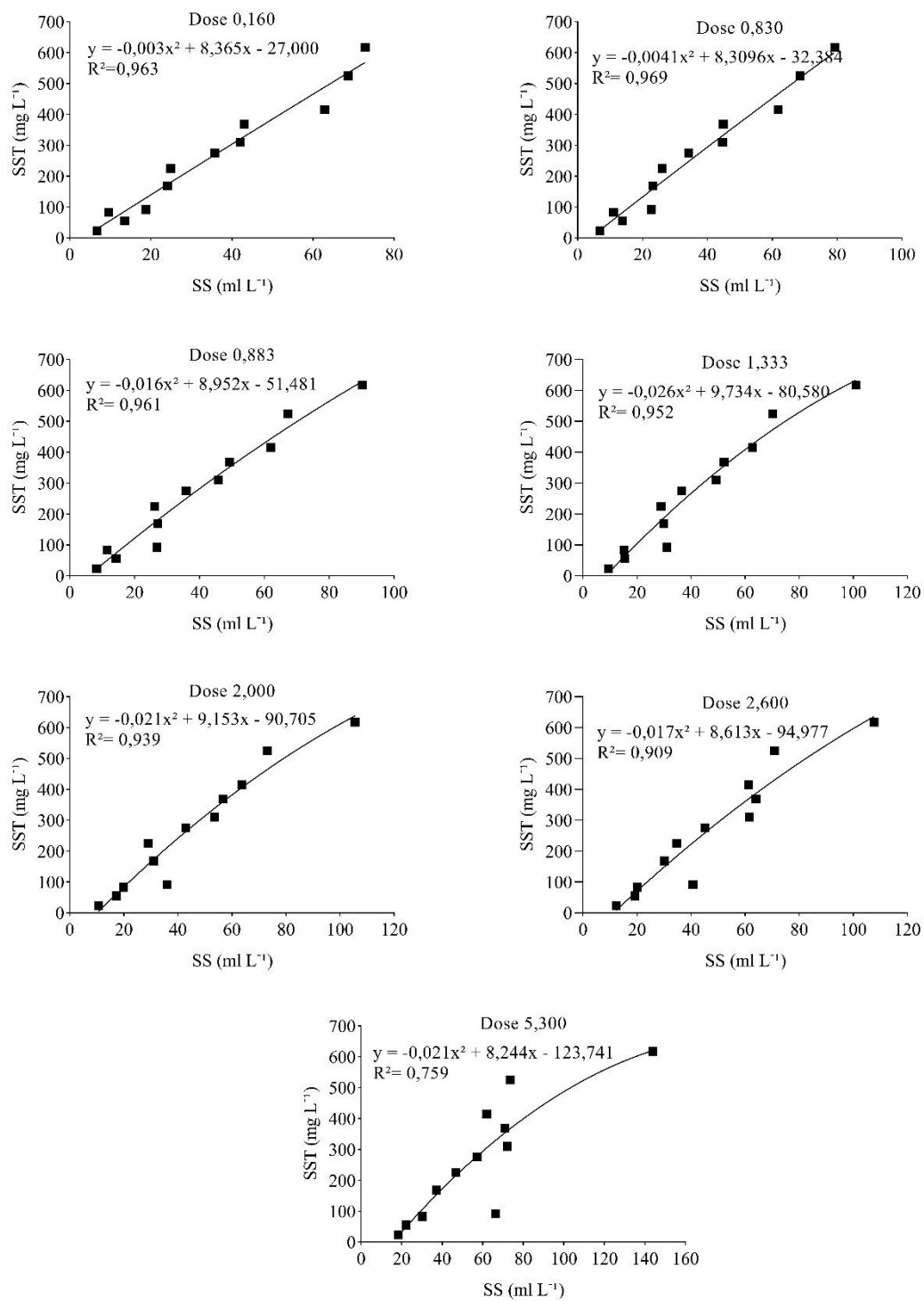
1291 Correlação entre turbidez e SS das doses do produto sulfato de cobre (19,5%; SC)
 1292 no tratamento heterotrófico.



1293

1294

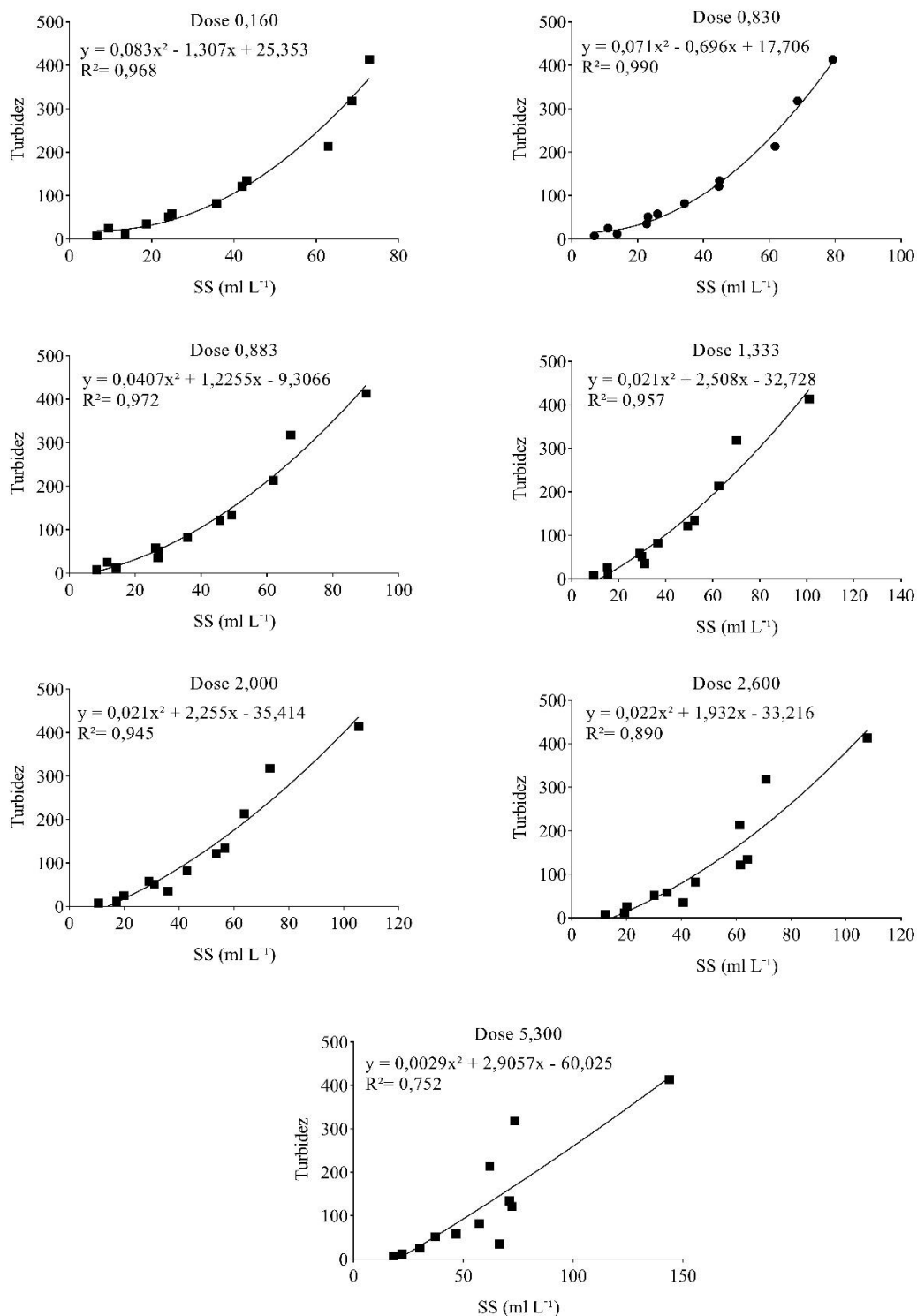
1295 Correlação entre SST e SS das doses do produto sulfato de alumínio (100%; SA)
 1296 no tratamento heterotrófico.



1297

1298

1299 Correlação entre turbidez e SS das doses do produto sulfato de alumínio (100%;
 1300 SA) no tratamento heterotrófico.



1301