

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**



**DESENVOLVENDO UM PROTOCOLO DE CULTIVO *EX SITU* DE CORAIS
BRASILEIROS: UM ESTUDO PILOTO**

TARCISO ROBERTO SENA DA SILVA

**RECIFE
2022**

TARCISO ROBERTO SENA DA SILVA

**DESENVOLVENDO UM PROTOCOLO DE CULTIVO *EX SITU* DE CORAIS
BRASILEIROS: UM ESTUDO PILOTO**

Monografia apresentada ao Curso de
Licenciatura em Ciências
Biológicas/UFRPE como requisito
parcial para obtenção do grau de
Licenciado em Ciências Biológicas.

Orientador: Ralf Tarciso Silva
Cordeiro

RECIFE
2022

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

S586d Silva, Tarciso Roberto Sena da
Desenvolvendo um protocolo de cultivo ex situ de corais brasileiros: um estudo piloto / Tarciso Roberto Sena da Silva. - 2022.
44 f. : il.

Orientador: Ralf Tarciso Silva Cordeiro.
Inclui referências.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Licenciatura em Ciências Biológicas, Recife, 2022.

1. Conservação. 2. Hydrozoa. 3. Sistema fechado. 4. Cultivo. I. Cordeiro, Ralf Tarciso Silva, orient. II.
Título

CDD 574

TARCISO ROBERTO SENA DA SILVA

**DESENVOLVENDO UM PROTOCOLO DE CULTIVO *EX SITU* DE CORAIS
BRASILEIROS: UM ESTUDO PILOTO**

Comissão avaliadora:

Profº Drº Ralf Tarciso Silva Cordeiro - UFRPE
Orientador

Profº Drº Mauro de Melo Júnior - UFRPE
Titular

Profº Drº José Renato Mendes de Barros Correia - UFRPE
Titular

Profº Drº Ana Carla Asfora El-Deir - UFRPE
Suplente

RECIFE
2022

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a mim, pela perseverança e esforço empregados na execução do presente trabalho, contra as diversas dificuldades encontradas durante a pandemia da COVID-19, bem como eventuais obstáculos ocorridos durante o período vigente das bolsas PIBIC e PIC.

Agradeço aos meus pais, Ana Lúcia e Tarciso Silva, pelo apoio durante minha jornada acadêmica.

Agradeço aos meus amigos Gabriela Pinheiro, Danilo Alcântara, Vinícius Breno, Andreza Amorim e Maria Emanuelle pelas viagens compartilhadas, pelos surtos em conjunto durante cadeiras e viagens que jamais esquecerei e de tanto é prazeroso lembrar. Pelas loucuras regadas a álcool que passamos e pela amizade que certamente levarei para a vida.

Às minhas deusas da herpetologia: Laura Santos e Vanessa Barbosa, por serem minhas professoras durante o estágio com ofídios e por levar com fidelidade nossa amizade apesar de não compartilharmos mais as pesquisas. Eternamente grato sou pelas nossas vivências, brincadeiras e por ainda compartilharmos histórias.

Grato sou aos amigos que fiz no Laboratório de Invertebrados Marinhos: João Ômega, Kawany Porpilho, Juliana Vital, Kerollayne Karen e Afonso Luiz. Pela companhia durante as coletas, momentos de descontração e amizade. Em especial a João Ômega pela obtenção de dados que certamente fizeram diferença no trabalho, auxílio na execução do projeto, pelo companheirismo, amizade e compreensão que recebi durante os três anos de vivência no laboratório. Meus agradecimentos a José Renato pelas análises estatísticas de crescimento dos organismos do estudo, bem como auxílio nas coletas e incentivo na área científica.

Eternamente gratificado ao professor Dr. Ralf Tarciso Cordeiro, por conceder o Laboratório de Invertebrados Marinhos, pelo companheirismo e, posso dizer, amizade, demonstrada em momentos profissionais e pessoais; por mostrar saídas de problemas quando não conseguia ver. Agradeço também pelas coletas e aulas de campo, pelos ensinamentos acadêmicos e incentivo. Gratificado sou pela iniciação e orientação na vida científica a qual pretendo seguir.

E eternamente agradecido a Anderson Freitas, pela amizade, momentos compartilhados, mentoria e companheirismo que certamente me marcaram. Reconheço os esforços empregados na minha vida financeira, bem como em meus projetos pessoais que apoia e auxilia.

Minhas gratificações às minhas lindíssimas filhas: Catraya Thunderfuck e Mera Thereza, por me ajudarem durante a escrita do trabalho, pelos momentos de carinho que recebi em tempos difíceis. Agradeço a Mera, por ser minha companheira escamada desde 2019. À Catraya, por ser meu “grudinho” e me acompanhar, ao lado de Mera, madrugadas adentro escrevendo trabalhos.

À Scorpya Silva, por ser uma pessoa incrível, mesmo que nova em minha vida. Por me ajudar a perceber quem sou quando já não sabia mais ao certo quem era. Que seu sucesso seja imensurável.

Faço as honras também a Evellyn Vitória e Iranilda Maria, por toda distração a mim proporcionada, amizade, companheirismo e loucura divididas.

Meus agradecimentos ao Laboratório de Invertebrados Marinhos da Universidade Federal Rural de Pernambuco (LIM - UFRPE) pelos meios que possibilitaram minha atuação em um projeto de iniciação científica durante esses três anos; bem como as saídas a alto mar, que me possibilitou uma vivência jamais imaginada por mim.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco - Sede - pela estrutura que possibilitou minha graduação. Ressalto a bolsa de iniciação científica PIBIC (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica) no período de 2020-2021; bem como a bolsa PIC no período de 2021-2022. Aos professores da graduação da UFRPE/SEDE que possibilitaram um ensino de qualidade para minha formação, pelas aulas práticas e pelas viagens de campo que recordarei com carinho e usarei os conhecimentos construídos destas vivências.

Faço meus agradecimentos à instituição WWF por patrocinar reformas no Laboratório de Invertebrados Marinhos, viabilizando a execução dos projetos; bem como bolsas auxiliares que permitiram aos estagiários um melhor empenho durante a vigência dos trabalhos. Agradeço também pelas bolsas proporcionadas aos estagiários durante a execução dos trabalhos.

Por fim, agradeço ao Instituto Coral Vivo, também, por patrocínios ao laboratório com equipamentos que auxiliaram nas saídas a campo.

“É preciso tentar não sucumbir sob o peso de nossas angústias, Harry, e continuar a lutar.”

Alvo Dumbledore

Harry Potter e o enigma do príncipe.

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	10
INTRODUÇÃO.....	10
OBJETIVOS.....	16
MATERIAIS E MÉTODOS.....	16
Coleta.....	16
Sistema fechado.....	18
Condições abióticas.....	20
Alimentação.....	21
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
Sistema fechado.....	22
Organismos.....	24
Condições abióticas.....	25
Alimentação.....	32
CONCLUSÃO.....	37
REFERÊNCIAS.....	39

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Colônias posicionadas no tanque de experimentação, nota-se as bases de plástico feitas em impressão 3D na base dos hidrocorais..... 17
- Figura 2.** Ilustração esquemática da mesa de PVC utilizada para fixação dos organismos pós coleta in situ..... 18
- Figura 3.** Ilustração esquemática do sistema fechado de tanques utilizado durante o experimento no Laboratório de Invertebrados Marinhos da Universidade Federal Rural de Pernambuco (LIM-UFRPE). (a) tanques de mudas; (b) luminária de led; (c) descida de água; (d) mudas de corais; (e) skimmer; (f) macrófitas usadas como agente biológico de filtração; (g) substrato calcário; (h) bomba de recalque; (i) subida de água; (j) bombas dosadoras de reposição de elementos; e (k) termômetro.....20
- Figura 4.** Sais utilizados em solução em água deionizada para reposição de elementos essenciais ao bom funcionamento do sistema. Cloreto de magnésio ($MgCl_2$), para reposição de Mg; bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$) para a manutenção da dureza de carbonatos; e hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$) para a reposição de cálcio..... 27
- Figura 5.** NH_3 = variação de amônia durante o experimento, seguindo os testes Labcon e Red Sea.....29
- Figura 6.** kH = variação na dureza de carbonatos, seguindo o teste Red Sea.....30
- Figura 7.** Mg = variação de magnésio durante o período de experimentação, seguindo o teste Red Sea.....31
- Figura 8.** Mg = variação de carbonato de cálcio durante o período de experimentação, seguindo o teste Red Sea.....31
- Figura 9.** Salinidade = variação na salinidade durante o experimento, sendo medido com um refratômetro..... 32
- Figura 10. (A)** Colônia mostrando crescimento incrustante do hidrocoral *Millepora alcicornis*. por sobre a base de plástico. **(B)** Colônia de *Millepora alcicornis*. demonstrando pólipos estendidos quando estimulada com itens alimentares sob regime de alimentação.....34
- Figura 11.** Altura média de *Millepora* sp. registrados ao longo de três meses, com crescimento medido em milímetros por meio de fita métrica, sendo medido da base ao ápice da colônia..... 35
- Figura 12.** Copépodos em conserva inicialmente utilizados em regimes alimentares durante o experimento.....36

LISTA DE GRÁFICOS

Tabela 1. Comparação de crescimento geral médio de <i>Millepora alcicornis</i> , evidenciando a redução no último mês de medições.....	37
---	----

1. RESUMO

Os recifes biológicos estão entre os ecossistemas mais importantes e mais ameaçados atualmente, tendo os corais como seus principais organismos estruturadores. A fauna coralínea brasileira, especificamente, enfrenta os impactos de mudanças climáticas globais, com eventos de branqueamento cada vez mais severos e frequentes. Embora a conservação de espécies *in situ* deva ser a prioridade de esforços legais e institucionais, a redução de ecossistemas naturais tem comprometido a efetividade dessas estratégias. Devido a falta de protocolos voltados ao manejo e manutenção de hidrocorais brasileiros, o presente estudo se dedicou à formulação de metodologias voltadas ao cultivo de organismos nacionais em sistemas *ex situ*, que potencialmente reduziriam o insucesso, pela independência de fatores ambientais causadores do aumento de mortalidade. O estudo partiu de um levantamento bibliográfico, revisando a literatura pertinente disponível, que, em sua maioria, é direcionada a organismos oriundos de ambientes conhecidamente oligotróficos do Indo-Pacífico. Voltadas ao cultivo amador de organismos marinhos ornamentais. A partir disso, foi testada uma adaptação de protocolos para simular condições ambientais de recifes costeiros brasileiros (mesotróficos). Em seguida, foram coletadas amostras de corais *Millepora alcicornis*, comuns em recifes do nordeste brasileiro, candidatos a organismos-modelo para estudos ecológicos em ambientes fechados. Os organismos selecionados foram manualmente obtidos por meio de mergulhos livres na localidade de Porto de Galinhas (Ipojuca - PE). Após coletados, os organismos foram acondicionados, transportados e aclimatados no Laboratório de Invertebrados Marinhos da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Concomitantemente, os ensaios foram voltados para teste de protocolo nutricional, onde foram monitoradas a saúde dos organismos e sua resposta a estímulos alimentares a partir dos itens ofertados; bem como mensurados fatores abióticos essenciais para o bom funcionamento do sistema. No estudo, os animais tiveram o desenvolvimento e adaptação positiva ao protocolo aplicado, evidenciado na expansão polipar e crescimento durante a execução do trabalho. Os resultados obtidos indicam que sistema e protocolo, mesmo em fase inicial de desenvolvimento, têm atendido às demandas nutricionais e metabólicas de *Millepora alcicornis*, podendo resultar numa alternativa para estudos e estratégias de conservação em sistemas fechados futuros.

Palavras chave: Conservação, Hydrozoa, Sistema fechado, Cultivo.

2. ABSTRACT

Biological reefs are among the most important and, yet, threatened ecosystems nowadays, having corals as major structurer organisms. The Brazilian coral fauna, specifically, faces the impacts of global climate changes, showing bleaching events each time more severe and frequent. Although species conservation *in situ* must be the priority of legal and institutional efforts, natural ecosystem reduction has compromised the efficiency of those strategies. Due to the lack of protocols aiming at the management and maintenance of Brazilian hydrocorals, the present study was dedicated to the formulation of methodologies aiming the husbandry of national organisms on *ex situ* systems, that potentially would reduce the nonsuccess, due to independence of ambiental factors causes of the increase in mortality. The study started with a bibliographic survey, reviewing the available pertinent literature, which, mostly, is aimed at organisms from known oligotrophic ambients of the Indo-Pacific ocean. Aimed at the husbandry of ornamental marine organisms. From that, it was tested an adaptation of protocols to simulate ambient conditions from coastal Brazilian reefs (mesotrophic). Then, it was collected samples of coral *Millepora alcicornis*, common in northeast Brazilian reefs, candidates to model organisms for ecological studies on closed systems. The selected organisms were manually obtained by free diving in the localities of Porto de Galinhas (Ipojuuca - PE). After collection, the organisms were conditioned, transported, and acclimated to the Laboratório de Invertebrados Marinhos of Universidade Federal Rural de Pernambuco. Concurrently, the essays were aimed to the test of nutritional protocol, then the health and response to the food stimulus were monitored; as well as measured abiotic factors, essential to a good working system. In the study, the animals had a positive development and adaptation, shown in the polyp expansion and growth during the experimentation. The obtained results indicate that system and protocol, yet in the initial development phase, have met the nutritional and metabolic demands of *Millepora alcicornis*, and could result in an alternative to studies and strategies of conservation in closed systems.

Key words: conservation, closed system, Hydrozoa, husbandry.

3. INTRODUÇÃO

Corais são organismos pertencentes ao filo Cnidaria, caracterizados por, além da presença de células urticantes denominadas cnidócitos, por secretarem esqueletos

rígidos (CAIRNS, 2007). Este grupo animal é sésil, assim como os poríferos, tendo apenas a fase larval livre e natante; participando ativamente também da construção e complexificação dos recifes, sendo os corais escleractínios e alguns hidrocorais os responsáveis pela deposição biológica de carbonato de cálcio (CaCO_3), compondo seus esqueletos, sendo evidenciados nos recifes e jardins coralíneos, habitando exclusivamente os ecossistemas marinhos pelo crescimento de suas colônias e a deposição de carbonato de cálcio, estando entre os principais construtores de recifes (BRUSCA e BRUSCA, 2007; OSINGA et al., 2011).

A ordem Scleractinia, representada pelos corais verdadeiros, capazes de secretar e depositar CaCO_3 abaixo do disco pedal, formando seus esqueletos. Estes organismos podem ser solitários ou coloniais. Nesta ordem existem mais de 1.300 espécies, sabendo que metade delas apresenta zooxantelas endossimbiontes e metade não apresenta (BRUSCA e BRUSCA, 2007; OSINGA et al., 2011). A subordem Capitata comporta os Mileporinos (WORMS, 2022), denominados hidrocorais (estes hidróides apresentam tentáculos arredondados, ou capitados, em alguma fase do seu ciclo de vida além de depositarem CaCO_3 de forma similar aos Scleractinia), diferencia-se dos corais verdadeiros por apresentar fase medusóide durante seu desenvolvimento, também servem de hospedeiros para algas zooxantelas, sendo restritos às zonas fólicas (AMARAI et al., 2008; BRUSCA e BRUSCA, 2007).

Os recifes de coral são estruturas dinâmicas que abrigam grande biodiversidade, servindo de ambiente de reprodução, alimentação e provendo substrato consolidado para diversas espécies (KAPLAN, 1982). Também representam grande importância socioeconômica e cultural, funcionando como barreira natural contra ciclones e tornados, além de movimentar o comércio e o ecoturismo (MOBERG, 1999).

Para além de sua importância socioeconômica, os recifes coralinos brasileiros são os únicos do Atlântico Sul-Occidental, caracterizados pela baixa diversidade e o alto endemismo de escleractíneos. Mais de 30 espécies de corais e hidrocorais são registradas no Brasil, contudo, apenas 18 corais e 4 hidrocorais têm ocorrência na costa brasileira, sendo apenas 6 endêmicas. Algumas possuem relações com a fauna caribenha (LEÃO et al., 2010). Os corais ocorrentes no Atlântico Sul Occidental apresentam divergência tanto da fauna de antozoários Caribenha quanto do Indo-Pacífico por estarem inseridos e adaptados a ambientes relativamente mais

mesotróficos e de maior turbidez (SANTANA, 2006). Silva (2019) demonstrou em seu estudo sobre a heterotrofia de *Zoanthus sociatus* (Ellis, 1768) e *Palythoa caribaeorum* Duchassaing e Michelotti, 1860 a importância de matéria orgânica particulada na nutrição destes organismos. Já no gênero *Mussismilia*, há evidências da mudança na predominância trófica, variando entre heterotrofia predominante e autotrofia predominante de acordo com as disponibilidades ambientais de comida e luz (MIES et al., 2018). Concomitantemente, corais azooxantelados dependem exclusivamente das capacidades predatórias e de fatores abióticos para nutrir suas colônias, sendo estes os mais difíceis de manter em sistemas fechados devido às demandas nutricionais exigidas por cada espécie (BORNEMAN, 2008).

Microalgas endossimbiontes pertencentes principalmente ao gênero *Symbiodinium* residem dentro dos tecidos dos corais. A relação simbiótica proporciona abrigo para as microalgas fornecido pelo animal e, em troca, a alga compartilha parte de seus nutrientes resultantes da fotossíntese para nutrição do hospedeiro, além de lhe conferir coloração e auxiliar na calcificação do esqueleto (PEARSE e MUSCATINE, 1971). Estas algas são responsáveis, também, pelo branqueamento dos animais (fenômeno em que as algas provocam estresse oxidativo nos corais em decorrência de fatores ambientais), deixando os organismos sem pigmentos e, conseqüentemente, com os esqueletos de CaCO₃ à mostra (BAIRD et al., 2009; LEÃO et al., 2010;). Essas algas implicam na flexibilização trófica do organismo, permitindo que os corais disponham de pelo menos três perfis tróficos: heterotrofia, autotrofia e osmotrofia.

A estabilidade de microalgas endossimbiontes depende de fatores externos. Os eventos de branqueamento são causados por um conjunto de fatores como o aumento da temperatura, poluição, intensidade da luz e salinidade, influenciando na produção de agentes oxidantes pelas microalgas e conseqüentemente ocasionando sua expulsão de dentro do hospedeiro como forma do animal evitar injúrias causadas pelo estresse oxidativo (BAIRD et al., 2009). Os eventos recorrentes de branqueamento resultantes do aquecimento e acidificação oceânicos e aumento dos índices de poluição representam fortes ameaças aos recifes coralíneos em todo o mundo (LEÃO et al., 2010). As anomalias térmicas têm se tornando cada vez mais frequentes, provocadas, também, pelo aumento da poluição. Esses fatores implicam no aumento expressivo da recorrência de eventos de branqueamento em massa (HOEGH, 1999) e, conseqüentemente, diminuindo o sucesso dos processos reprodutivos. A

recorrência desses eventos reduz a capacidade de regeneração das colônias remanescentes, causando danos nas populações de zooxantelas endossimbiontes, ocasionando depressões no sucesso de recrutamento larval e elevando os índices de mortalidade coralínea (BROWN, 1997; LEÃO et al., 2016). A dificuldade de manutenção de colônias em ambiente natural, em evidência espécies em estado crítico, contando com a dificuldade de regeneração em vista dos recorrentes branqueamentos e as condições ambientais, coloca em risco gêneros como *Mussismilia* (Scleractinia) e *Millepora* (Hidrocoral), listados em estado vulnerável ou perigoso de acordo com o ICMBio (2018). Neste sentido, algumas espécies já apresentam populações comprometidas em determinadas localidades (LIMA et al., 2017).

O conhecimento sobre restauração e conservação são empregados no sentido de preservar habitats, ou a sua substituição por um modelo equivalente; sendo assim há uma dicotomia, onde pode-se optar por metodologias ativas de conservação, ou passivas. As metodologias ativas são focadas em mitigar os efeitos e impactos por meio de ações antrópicas, enquanto que passivas focam no processo natural para mitigação destes impactos com mínima ou nenhuma ação humana envolvida no processo (RINKEVICH, 2005).

De qualquer modo, as metodologias empregadas na restauração e preservação de corais tem suas raízes nas estratégias disponíveis para organismos vegetais com fins de reflorestamento, também conhecido como processo de “jardinagem”. Estas metodologias possuem capacidade de mitigar injúrias de origem antropogênica (EPSTEIN et al., 2003; SHAFIR e RINKEVICH, 2010).

No transplante de corais, as colônias são fragmentadas de uma área doadora para uma área receptiva, sendo implementado como um método em potencial para restauração de áreas recifais, servindo principalmente para a reposição de colônias mortas, de modo a acelerar a recuperação do recife (EPSTEIN et al., 2003; RINKEVICH, 2005). O transplante pode ser feito a partir de colônias inteiras, fragmentário com mudas ou ramos, ou mesmo suas larvas para recrutamento (EPSTEIN, 1995; OMORI, 2003).

O emprego de “enfermarias” para corais lida com duas vertentes: uma *in situ* e outra *ex situ*. Em decorrência das perdas no transporte e nas taxas de mortalidade de larvas plânulas, a proposta de “jardins coralíneos” surge como meio de evitar grandes perdas; atendendo ao cultivo de fragmentos (ramos e mudas) e colônias fragmentárias

de tamanho reduzido (RINKEVICH, 1995). Quando empregadas, enfermarias em sistema *in situ*, os organismos são alocados em barreiras naturais onde são desenvolvidos até atingir o tamanho adequado e repostos posteriormente; de forma similar ao empregado por botânicos para restauração florestal (RINKEVICH, 2006). Para sistemas *ex situ*, os organismos são postos em tanques fora do seu habitat natural em sistemas completamente isolados ou com alguma comunicação com o oceano, servindo à mesma finalidade (BECKER, 2001; RAYMUNDO, 1998).

Recifes artificiais também têm sido propostos na remediação de áreas nuas em cobertura coralínea. Entretanto, o emprego deste método é usado principalmente pelo seus resultados, mesmo que questionável quando comparadas as circunstâncias das localidades em que foi empregada (RINKEVICH, 2005). Uma das principais justificativas para as diferenças nos estudos se deve pela fototaxia negativa das larvas plânulas de determinadas espécies empregadas (RINKEVICH, 2005). De qualquer modo, há evidências que a morfologia do recife artificial, bem como sua composição (tipo de substrato utilizado) e localização são fatores influenciadores no melhor ou pior desempenho do recife artificial como ferramenta para restauração (ABELSON e SCHLESINGER, 2002; LAM, 2000; ORITZ-PROSPER, 2001).

Neste sentido, novas metodologias surgiram no intuito de garantir melhor acompanhamento do desenvolvimento e recuperação dos organismos, de modo ativo. Pode-se notar o trabalho proposto por Heyward et al. (2002), empregaram esforços no enriquecimento de recrutamento larval em *Acropora sp.* O estudo desenvolveu lagos flutuantes de 1,8 metros de diâmetro no intuito de aumentar as chances de sobrevivência de espécies de desova em massa. Esses lagos se comunicam com uma base semelhante à uma estufa no assoalho marinho por meio de um tubo, usado para medir o percentual de recrutamento por meio de placas no interior da câmara. Obtendo bons resultados para a conservação *in situ*.

Outras estratégias *in situ* podem ser observadas no emprego de probióticos, adicionando estes microorganismos em organismos dos gêneros: *Acropora*, *Leptoseris* e *Montipora*, obtendo bons resultados (Peixoto et al., 2017); *farming*, fragmentação e transplante (BONGIORNI et al., 2011), além de transplante para reabilitação (CLARK, 1995). Contudo, essas metodologias mostram sua eficácia apenas quando a origem dos danos é mecânica, tornados, tsunamis, etc., sendo contraindicados quando os danos têm origem química de modo a perturbar a saúde e estabilidade do ambiente. Metodologias *in situ* como o transplante de colônias

demonstram que além das condições ambientais é comum a predação, sedimentação e aumento da taxa de mortalidade das colônias transplantadas (BORNEMAN e LOWRIE, 2001). Conseqüentemente, os esforços implementados usando estas metodologias ficam potencialmente comprometidos, em vista da recorrência e intensificação dos fenômenos de branqueamento, aumento da poluição, dificuldade de regeneração e reprodução de colônias remanescentes.

A manutenção de corais em sistemas fechados remonta à Era Vitoriana, onde os naturalistas da época eram capazes de manter corais vivos a curto prazo em seus sistemas; contudo, não tardou para que os organismos viessem a morrer pela carência de cuidados às suas necessidades (BRUNNER, 2005). Os melhores resultados foram obtidos em meados do Século XX com organismos do gênero *Xenia*; de qualquer modo, para tanto, foram incrementadas ferramentas e processos para otimizar a manutenção dos corais como: trocas de água, uso de luz natural e substratos naturais, permitindo que uma variedade de espécies pudessem ser mantidas sem óbito precoce (ENG, 1961; HAF, 1940). Ainda, na tentativa de maximizar os sucessos empregados na conservação desses organismos, o cultivo destes organismos foi acrescido de metodologias de modo a desenvolver e aperfeiçoar cada vez mais. As técnicas propostas visam o acondicionamento adequado destes organismos, com atenção às concentrações de elementos presentes na água, hidrodinâmica (de acordo com a biota de cultivo), filtração equivalente à exportação dos nutrientes introduzidos e produzidos, iluminação para estímulo da fotossíntese e calcificação, nutrição heterotrófica introduzida adequadamente, entre outros fatores (BORNEMAN, 2008). Relatos de sucesso de cultivo *ex situ* têm como exemplo: liberação de gametas por *Acropora* spp. (CRAGGS et al., 2017), melhoria do crescimento de *Porites porites* (MARUBINI, 1999), aplicação de recrutas cultivados para conservação (PETERSEN, 2006), bem como no emprego destes cultivos como ferramentas para educação ambiental (ARDEL, 2012). Entretanto, os modelos de sistema *ex situ* propostos abrangem organismos oriundos do Indo-Pacífico, os quais buscam um ideal oligotrófico (GOLDMAN et al., 1987). Ademais, literaturas sobre manutenção e manejo de corais em sistemas fechados são mais difundidos fora do meio acadêmico com a expansão da aquariorfilia, como exemplificado pelas obras de Bacelar (1997) e Gomes (1997) e não ministram suporte à demanda nutricional exigida pelos corais brasileiros, pois o resultado da alta concentração de carga orgânica sem metodologias

de exportação de nutrientes adequada, pode ocasionar o *crash* do sistema pelo acúmulo amônia (SAUDER et al., 2011).

A criação de corais em sistema fechado tem por interesse reduzir as taxas de mortalidade, sendo de grande importância para a conservação de cnidários bentônicos em aquário públicos, onde o controle do ambiente fechado permite abranger as necessidades dos organismos e a sua variação para experimentos (BORNEMAN, 2008); servindo como banco genético para as diversas espécies não só de corais como de vários grupos de organismos marinhos. Neste sentido, tornou-se evidente a necessidade de protocolos de manejo e manutenção adaptados às necessidades do hidrocoral brasileiro *Millepora alcicornis*, sob a demanda de metodologias abrangentes para sua manutenção em sistemas fechados, evidenciando suas necessidades tróficas e desenvolvimento.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo Geral

- Iniciar o desenvolvimento de protocolos de manejo e manutenção de hidrocorais brasileiros em sistemas fechados.

4.2. Objetivos Específicos

- Identificar condições abióticas ideais para o desenvolvimento de corais em *ex situ*;
- Evidenciar a importância da alimentação no crescimento dos organismos;
- Iniciar o desenvolvimento de sistemas fechados em condições similares às dos habitats naturais dos organismos em questão;
- Caracterizar exigências tróficas da espécie no intuito de desenvolver rotinas de suplementação heterotrófica eficiente;

5. MATERIAIS E MÉTODOS:

5.1. Coleta:

As coletas foram realizadas no dia 29/12/2021 na praia de Porto de Galinhas (8°30'15"S, 35°00'04"W), sendo empregado o esforço de três pesquisadores durante o período de maré baixa. Por meio de mergulhos autônomos, a uma profundidade de 1,5 m a 2,5 m, foram selecionados 60 animais da espécie *Millepora alcicornis* seguindo ao menos um dos critérios: (a) colônias ou mudas tombadas no assoalho marinho; (b)

colônias ou mudas apresentando processo de soterramento; (c) colônias ou mudas branqueadas; ou (d) demonstrando processos de necrose em partes ou por todo o tecido.

Ainda no local, as mudas foram raspadas em sua base para aumentar a aderência para o processo de colagem com cianoacrilato em bases plásticas (Figura 1). Estas bases, por sua vez, possuem encaixes na parte inferior, usadas para



Figura 1. Colônias posicionadas no tanque de experimentação, nota-se as bases de plástico feitas em impressão 3D na base dos hidrocorais.

encaixe em mesas de PVC (Figura 2). As mudas de *M. alcicornis* foram encaixadas nessas mesas e posicionadas a uma profundidade de 1,5 m na localidade de Porto de Galinhas, onde passaram duas semanas com a finalidade de reduzir o *stress* sofrido pelos animais durante a coleta, prevenindo futuras injúrias causadas durante o transporte para o Laboratório de Invertebrados Marinhos da Universidade Federal Rural de Pernambuco (LIM - UFRPE).

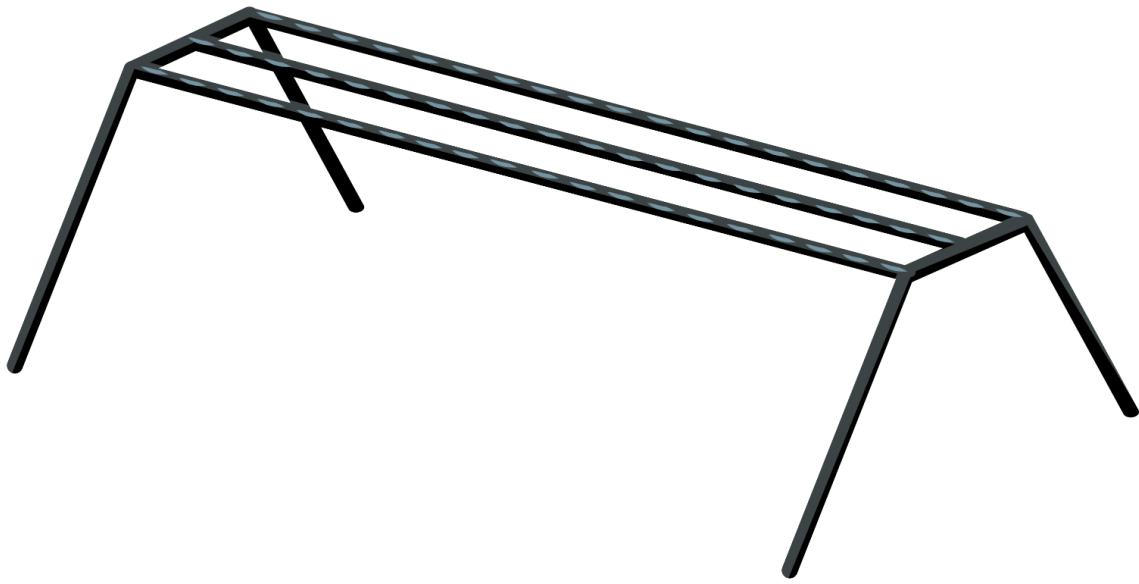


Figura 2. Ilustração esquemática da mesa de PVC utilizada para fixação dos organismos pós coleta *in situ*.

A preparação dos animais para o transporte foi feito por meio do desencaixe das bases com as mudas das mesas, sendo suas bases amarradas com elásticos de escritório à placas de isopor na finalidade de reduzir os impactos durante o transporte. Por fim, foram transportadas em sacos plásticos individuais e cuidadosamente posicionadas em um *cooler*. No LIM-UFRPE, a água do sistema foi misturada aos poucos com auxílio de uma mangueira, de modo a reduzir o *stress* e evitar a perda dos corais, aclimatando os organismos às condições abióticas do sistema.

5.2. Sistema fechado:

Os animais foram acondicionados em um tanque de 120 litros com bombas internas de circulação de potência aproximada a 1.000 l/h. No tanque de tratamento, a filtragem biológica é feita por meio de macrófitas (*Chaetomorpha sp.*) iluminadas com luminárias e coluna de 20 cm de altura de substrato calcárico no tanque de tratamento. Na filtragem mecânica, foi empregado escumador de proteínas (*skimmer*) super dimensionado (com potência de 3.000 litros de água/h e 750 litros de ar/h), manta acrílica na descida da água, Trocas Parciais de Água (TPAs) na exportação de nutrientes, e *Chaetomorpha sp.* retendo eventuais partículas no tanque de tratamento, servindo como mídia biológica, mecânica e microambiente favorável ao desenvolvimento de microcrustáceos; as metodologias foram empregados simultaneamente considerando a quantidade de nitrogênio (N) e fosfato (P)

introduzidos (BACELAR, 1997; GOMES, 1997; JAUBERT, 1989; SAUDER, 2011). O tanque de tratamento (*sump*) se comunica com os dois tanques de experimentação por meio de canos de PVC com fluxos de água de subida e descida; os de descida são ativados por meio de gravidade, enquanto que o de subida é único, sofrendo uma bifurcação antes de desaguar nos tanques e é propuncionado por meio de bomba de recalque de aproximadamente 3.000 l/h.

O sistema foi suplementado de elementos químicos de modo a suprir as necessidades de consumo do sistema de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e carbonatos (Kh) (sendo utilizados os sais: hidróxido de cálcio, cloreto de magnésio e bicarbonato de sódio como suplementos) por meio de bombas dosadoras ajustadas a cada medição dos parâmetros, de modo a suprir às demandas do sistema constantemente.

O resfriamento do sistema foi dado por meio de ar condicionado geral, sendo refrigerado todo o laboratório, e, de forma similar à constância na reposição dos elementos químicos, tivemos a temperatura continuamente aferida por meio de termômetro digital.

Foram utilizadas luminárias de seis canais programáveis com temperatura de cor variando entre 10.000 K e 20.000 K, sendo empregados ciclos de dia e noite de 12 horas cada e processo de liga-desliga gradual. Consideramos o ciclo lunar como a ausência de luz, não sendo empregado qualquer tipo de iluminação durante a noite. Para a filtragem biológica por *Chaetomorpha sp.*, lâmpadas de LEDs com temperatura de cor equivalente a 6.000K foram empregadas com o mesmo ciclo de funcionamento das empregadas nos corais.

Dentro do sistema foram posicionadas bombas de circulação de 20.000 L/h ligadas a temporizadores (*timers*) programados de modo a simular a turbulência das marés e seus períodos, além de servir de meio para a não acumulação de matéria orgânica particulada entre as colônias (Figura 3).

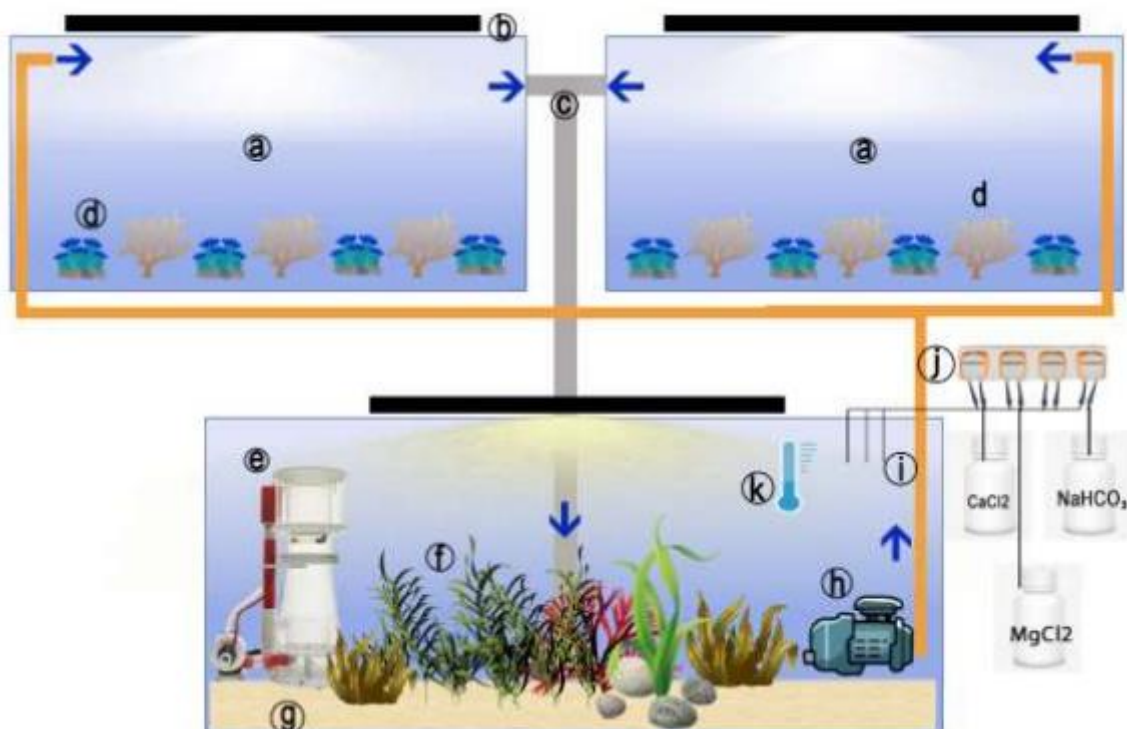


Figura 3. Ilustração esquemática do sistema fechado de tanques utilizado durante o experimento no Laboratório de Invertebrados Marinhos da Universidade Federal Rural de Pernambuco (LIM-UFRPE). (a) tanques de mudas; (b) luminária de led; (c) descida de água; (d) mudas de corais; (e) *skimmer*; (f) macrófitas usadas como agente biológico de filtração; (g) substrato calcárioo; (h) bomba de recalque; (i) subida de água; (j) bombas dosadoras de reposição de elementos; e (k) termômetro.

5.3. Condições abióticas:

Foram empregados dados de parâmetros utilizados para a manutenção de organismos oriundos do Indo-Pacífico disponíveis na literatura para estabelecimento de um guia comparativo durante a execução do projeto (Borneman, 2008). Em coleta e ao longo dos meses do experimento, foi utilizado testes de elementos (CaCO_3 em 360, Mg em 1250, NH_3 em 0 e Kh em 5,2 sendo os valores iniciais destes elementos, seguindo os testes *Red Sea*. Nitratos, silicatos e fosfatos foram mantidos em tendência a zero por meio de filtragem, visando evitar acúmulo de nutrientes) durante a coleta e execução do trabalho; os testes foram feitos periodicamente, de forma semanal; os testes pertencem à linha de produtos de aquarofilia Labcon, indicando os consumos destes elementos para sua reposição. A variação de parâmetros foi corrigida com dosagem de elementos isolados, onde os elementos serão dosados diariamente seguindo a proporção de consumo de cada elemento por meio de bombas submersas.

5.4. Alimentação:

Os animais foram alimentados periodicamente a cada 48 horas com copépodos em conserva ou *Artemia salina* (em náuplio e cistos), também em conserva (Figura 6). A circulação interna do sistema é desligada, bem como a comunicação com o tanque de tratamento, esperando-se 40 minutos para que os organismos possam secretar muco digestivo no intuito de capturar sua presa (ANTHONY, 2000); na sequência, os itens alimentares são pipetados diretamente sobre as colônias, sendo esperado um período de 40 minutos para que possam capturar e ingerir os itens alimentares sem que a correnteza os leve. Por fim, passado o período de 80 minutos, compreendendo o período total estipulado para a ingestão dos itens alimentares, sem correnteza, as bombas são ligadas novamente levando o excesso de matéria orgânica particulada não ingerida aos sistemas de filtragem.

Os procedimentos foram executados no período diurno, os itens alimentares levaram em consideração tanto o tamanho dos pólipos como na evidência de predação acentuada de *Millepora* sobre o zooplâncton (LEWIS, 1993).

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO:

6.1. Visão geral:

As condições hidroquímicas dos sistemas fechados, idealmente, deveriam replicar as condições naturais dos ambientes em que os corais são encontrados (BORNEMAN, 2008). Sendo considerado um fator determinante no sucesso da manutenção de corais, de modo que os organismos estejam adaptados às condições e não sofram injúrias durante e depois do processo de aclimação ao sistema. Desse modo, nos modelos postulados para manejo e manutenção de cnidários marinhos bentônicos em sistemas fechados, o controle dos nutrientes e sua exportação do sistema representa um dos maiores desafios. Em particular, o surgimento de algas filamentosas em aquários públicos e particulares interferem na estética idealizada para estes projetos, além de ser fator determinante na sobrevivência de espécies de corais pela competição por substrato (BORNEMAN, 2008).

O estímulo alimentar de corais e hidrocorais ornamentais resulta num melhor desempenho reprodutivo destes organismos, evidenciado no aumento das taxas reprodutivas por vias assexuadas, descartando fatores limitantes como: fatores genéticos, fluxo de água, e, evidentemente, as concentrações de fontes de carbono inorgânico dissolvido (OSINGA, 2011).

Nas últimas décadas, as metodologias de cultivo, manejo e manutenção têm se aprimorado, atentando a parâmetros de elementos químicos em solução, qualidade da luz, tipo de substrato consolidado e inconsolidado, fluxo de água, filtração biológica e física, zonação, entre outros fatores (BACELAR, 1997; GOMES, 1997). Contudo, não é possível chegar a um padrão ótimo comum abrangente à diversidade de antozoários devida às suas especificidades biológicas. Similarmente, à manutenção de antozoários e hidrozoários azooxantelados (BORNEMAN, 2008), a maior preocupação do estudo se deu na dificuldade de prover nutrição adequada, mantendo preocupações voltadas aos níveis de NH_3 e a estabilidade e saúde do sistema.

6.2. Sistema fechado:

A iluminação dos aquários foi feita por meio de luminárias de LEDs, seguindo o regime de 12 horas luz e 12 horas escuro, de modo a proporcionar o bom funcionamento das comunidades de simbiontes fotossintetizantes, atentando aos estresses causados pelo excesso e pela carência luminosa (BACELAR, 1997; GOMES, 1997). De forma similar aos *Scleractinia*, os hidrocorais possuem mecanismos para facilitar a captura de luz graças às propriedades reflexivas do esqueleto de carbonato de cálcio, uma vez que a reflexão da luz proporciona melhor absorção pelas Zooxantelas (ENRÍQUEZ et al., 2005). Entretanto, alguns organismos demonstraram processos de branqueamento durante a aclimação, sendo este demonstrado em maior ou menor grau e tendo três indivíduos vindo a óbito após o branqueamento (perda de aproximadamente 5% do total de amostras). O estudo não foi capaz de identificar a real causa dos óbitos nos indivíduos, observando que foram os únicos a apresentarem óbito pós-branqueamento durante o período de experimentação. Entretanto, o percentual perdido foi considerado como mínimo, uma vez que, em recifes naturais, mortalidades pós-branqueamento para *Millepora alcicornis* podem chegar a 17% (PEREIRA et al., 2022). Apesar disso, o estresse pode ter origem na iluminação empregada no sistema *ex situ*, visto que os organismos foram obtidos em profundidades e condições de branqueamento, ou necrose, distintas. Ademais, Osinga (2008) demonstra a importância dos ciclos luminosos no crescimento e saúde de corais e de *Symbiodinium sp.*, uma vez que as taxas de crescimento são multifatoriais, variando com parâmetros abióticos, alimentação, regime luminoso e heterogeneidade dos organismos (OSINGA, 2011).

Vale ressaltar que, mesmo com os efeitos positivos da luz sobre o crescimento, há evidências que o excesso ou a carência interferem de forma negativa no crescimento e metabolismo dos corais. Os efeitos podem variar entre: redução do potencial fotossintético, decaimento do pH interno em decorrência da redução do potencial fotossintético e redução das taxas de calcificação (SCHNEIDER & EREZ, 2006; TITLYANOV, 2001). O excesso de luz pode ter efeito inibitório no crescimento dos corais e, em casos mais severos, pode causar queimaduras neles (IGLESIAS-PRIETO et al., 1992), podendo ser indicada como um fator determinante no branqueamento inicial, visto que os parâmetros hidroquímicos obedeceram às proporções encontradas *in situ*.

Cada LED empregado na iluminação artificial do sistema emite aproximadamente 240 lumens (totalizando 36 LEDs e aproximadamente 8.640 lm), o que permitiu boa aclimação dos organismos, bem como seu desenvolvimento, evidenciado na baixa mortalidade a curto prazo no período pós introdução no sistema fechado, corroborando com resultados obtidos por Dustan (1982) para adaptabilidade das Zooxantelas de *Montastraea annularis* às variações mais amenas no espectro luminoso disponível.

No tanque de tratamento, o sistema de filtragem mecânica é feito por meio de *skimmer* superdimensionado (comportando 3.000 litros de água/h e 750 litros de ar/h em um sistema de 240 litros totais). Compondo a filtragem biológica, o emprego de *Chaetomorpha sp.* em conjunto com colunas de substrato de 20 cm de altura, colonizado por bactérias nitrificantes, foram eficazes visto que as quantidades de NH₃ no sistema foram baixas, ainda que alguns estudos demonstrem que a profundidade do substrato tem pouca influência sobre o acúmulo de compostos nitrogenados no sistema (TOONEN & WEE, 2005). Pertencentes aos clados *Archaea* e *Bacteria*, os microorganismos procariontes encontrados no processo de nitrificação no substrato inconsolidado, chamados biofiltros, estão presentes tanto em sistemas fechados marinhos como dulcícolas. Ainda que o substrato calcário empregado no estudo tenha auxiliado como mídia filtrante do sistema, acréscimos para funcionamento concomitante de diversos materiais poderiam ter efeito benéfico na filtragem. Materiais como: esponjas, polímeros e cerâmicas podem ser empregadas com bons resultados denitrificantes pela alta área de aderência e o fluxo contínuo de água oxigenada (SAUDER et al., 2011).

A circulação interna foi mantida pela bomba de recalque e bombas de circulação internas. Ambos os dispositivos foram superdimensionados e mantêm a relação de 8,3 vezes maiores que a litragem do tanque. Esta proporção se mostrou eficaz durante todo o experimento. O fluxo de água influencia no desenvolvimento dos organismos, uma vez que sésseis são incapazes de produzir correntes ou buscar por áreas mais oxigenadas e mais ricas em nutrientes orgânicos e inorgânicos, dissolvidos e particulados; a correnteza interna também impediu a sedimentação de partículas e assentamento de organismos incrustantes por sobre os organismos (ATKINSON E BILGER, 1992), sendo particularmente eficaz na remoção da matéria orgânica particulada introduzida durante as alimentações, como restos de copépodos e artêmias entre as colônias.

6.3. Organismos:

Os organismos coletados demonstraram notória recuperação ainda *in situ*, quando comparados com o estado inicial de coleta. De qualquer modo, há evidências científicas suficientes para a recuperação total de corais injuriados por branqueamento e doenças (MAYFIELD, 2019), elucidando o potencial resiliente de corais e hidrocorais. Os fatores ambientais também desempenham papel fundamental na recuperação das colônias, não sendo possível desvincular a estabilidade e condições do ambiente em que estejam inseridos e o estado de saúde dos organismos.

Muito embora os hidrocorais estivessem bem afixados em suas bases, por vezes, os organismos se desprenderam das bases sendo realocadas com cola de cianoacrilato; o material apresenta cura rápida, além de ser atóxico e resistente (BORNEMAN e LOWRIE, 2001). Sendo amplamente utilizado na indústria da aquarofilia como adesivo para organismos bentônicos sésseis. As mudas foram mantidas úmidas durante o processo e posteriormente alocadas a uma profundidade de 1,5 metros na localidade para melhor recuperação durante oito dias; sendo recolhidas e colocadas no tanque do Laboratório de Invertebrados Marinhos - LIM-UFRPE.

Os hidrocorais foram aclimatados por meio de gotejamento durante o período de 40 minutos, de modo a prevenir choques com os parâmetros e temperatura, tendo sido mantidos sob temperatura constante de 25°C a fim de evitar variações ao longo do experimento que ocasionassem o branqueamento, seguindo o protocolo proposto por Bacelar (1997) e Gomes (1997) para aclimação de introdução no sistema. Esse

fenômeno foi observado por Gates (1990) onde organismos submetidos a variações de magnitude acima de 1°C, juntamente com outros fatores, são responsáveis por eventos de branqueamento. De qualquer modo, para aclimação a longo prazo, os organismos tiveram quatro meses como período para adequação e adaptação ao sistema fechado, sendo observados os sinais de estresse e adaptação a curto-médio prazo; sendo alimentados a cada 48 horas com copépodos em conserva ou cistos ou náuplios de *Artemia salina*.

Os organismos demonstraram 5% de taxa de mortalidade durante o período de aclimação, demonstrando processos de branqueamento e posterior cobertura de algas. Houve processos de branqueamento em diferentes níveis durante a aclimação. Contudo, não vieram à óbito. Sendo recuperadas parcial ou totalmente, ou mantendo focos de branqueamento ao longo do tecido. Contudo, registramos que 95% dos organismos demonstraram boa adaptação ao sistema fechado, exibindo pólipos estendidos durante os regimes alimentares (Figura 5) e evidentemente distendidos durante os períodos de luz, coloração intensa e processos incrustantes sobre a base de plástico e sobre a base do tanque, assim como evidenciado por Oliveira (2008) em seu sistema fechado, no crescimento de espécimes do gênero, sem o emprego de alimentação heterotrófica. Os animais secretam uma matriz orgânica por sobre a qual o carbonato de cálcio (CaCO₃) é depositado (ALLEMAND et al., 1998). O crescimento incrustante e volumétrico, por sua vez, indica boa adaptação ao sistema fechado, evidenciando o desenvolvimento de táticas replicativas durante o regime no sistema. Mesmo os organismos que apresentaram Amphipoda sobre os pólipos e focos de branqueamento persistentes, apresentaram processos incrustantes sobre as mesmas superfícies e eventuais pólipos estendidos. Ainda assim, não registramos táticas predatórias ou morte de anfípodes causadas pelo contato com os hidrocorais durante o experimento.

6.4. Condições abióticas:

Os níveis de Magnésio (Mg), Dureza de carbonatos (kH), Carbonato de cálcio (CaCO₃) foram medidos semanalmente. O consumo destes elementos denotam potencial biodeposição para construção do coralito dos organismos, além de usos nos processos fisiológicos dos organismos nacionais, sendo repostos por meio Trocas Parciais de Água (TPAs) e por dosagens constantes destes elementos solubilizados em água (Figura 4); servindo não só como método de exportação de nutrientes como

reposição de elementos (BACELAR, 1997; GOMES, 1997). Concomitantemente, segundo Kleypas et al. (1999), os parâmetros oceânicos tinham suas médias representadas quando em comparação com os parâmetros médios proporcionados no sistema do presente estudo e parâmetros naturais oceânicos (BORNEMAN, 2008) (Figuras 5 a 9). Outros elementos como Zinco (Zn) e Ferro (Fe) também contribuem para a formação do esqueleto de corais escleractíneos, participando ativamente na composição de enzimas responsáveis pela captura de carbono inorgânico dissolvido no ambiente, além de participar na fotossíntese (FERRIER PAGÈS et al., 2005; SUNDA, 1991) e de possuírem propriedades algicidas.

Mesmo com a constante medição da temperatura por meio de termômetro eletrônico, esta não variou ao longo do experimento devido à constante refrigeração; mantendo-se em 25°C durante todo o experimento.

As taxas decrescentes de magnésio podem ser entendidas, parcialmente, como o consumo do sal pelo hidrocoral (MEIBOM, 2004), compondo parte do esqueleto, muito embora seja plausível que o íon Mg possa ser consumido pelo sistema e pelos organismos além do gênero estudado. O estudo observou que a suplementação dos íons Mg com cloreto de magnésio não foi suficientemente eficaz, visto o declínio gradativo de íons, mesmo com o emprego de doses suplementares. Inversamente proporcional aos íons Mg, os íons Ca tenderam ao acréscimo, apresentando variações indicando a possibilidade de maior introdução da solução de hidróxido de cálcio; todavia, ainda não bem esclarecido, os três elementos químicos mensurados aparentam ter relações entre si em suas proporções.



Figura 4. Sais utilizados em solução em água deionizada para reposição de elementos essenciais ao bom funcionamento do sistema. Cloreto de magnésio ($MgCl_2$), para reposição de Mg; bicarbonato de sódio ($NaHCO_3$) para a manutenção da dureza de carbonatos; e hidróxido de cálcio ($Ca(OH)_2$) para a reposição de cálcio.

A pouca variação de salinidade constatada nos testes se deve à constante reposição de água deionizada no sistema (água sem íons dissolvidos), a qual não causa distúrbio iônico. Assim como a temperatura, a salinidade do sistema pode atuar como agente estressor, sendo evitada suas variações por possibilidade de causa de morte. Ambas, temperatura e salinidade, foram os parâmetros abióticos que mantiveram maior estabilidade, sendo a temperatura mantida sob constância ($25^{\circ}C$) durante toda a execução do trabalho.

NH3

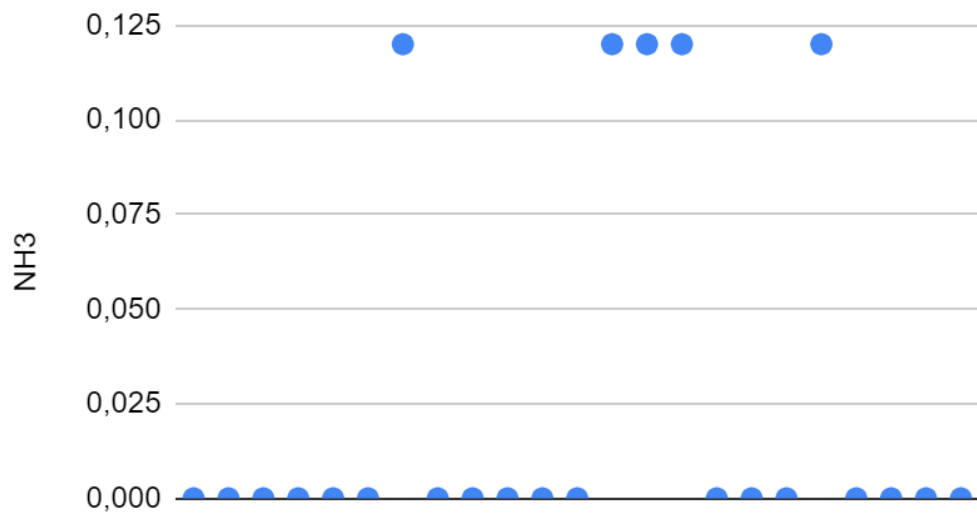


Figura 5. NH₃ = variação de amônia durante o experimento, seguindo os testes Labcon e *Red Sea*.

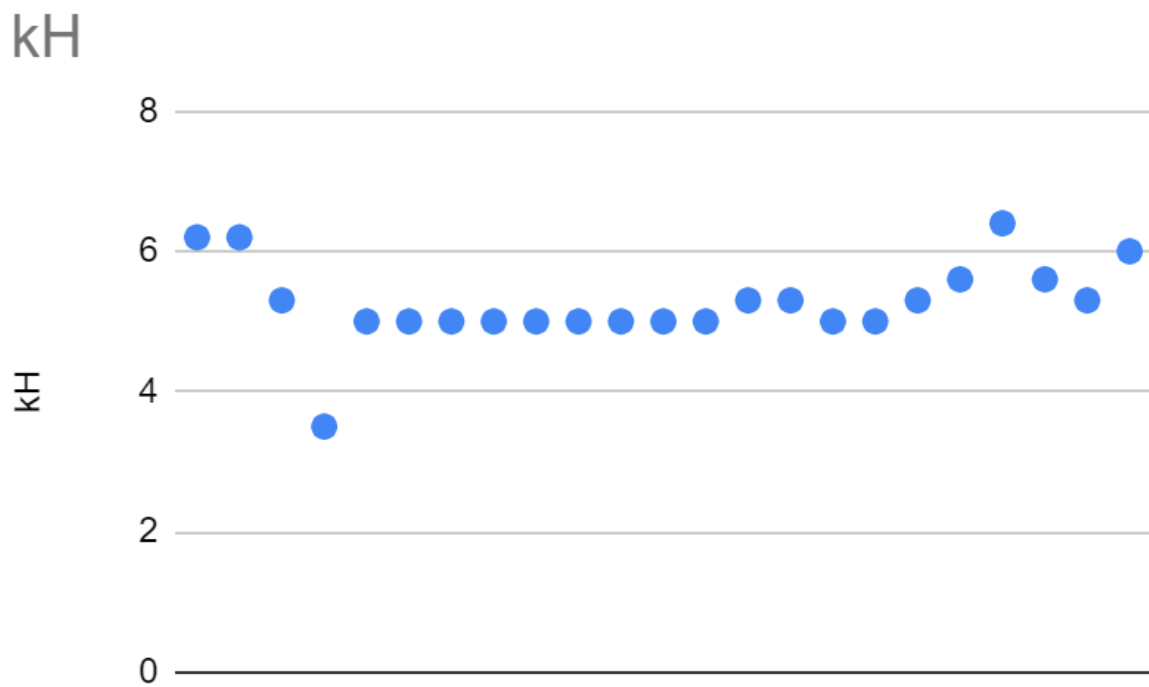


Figura 6. kH = variação na dureza de carbonatos, seguindo o teste *Red Sea*.

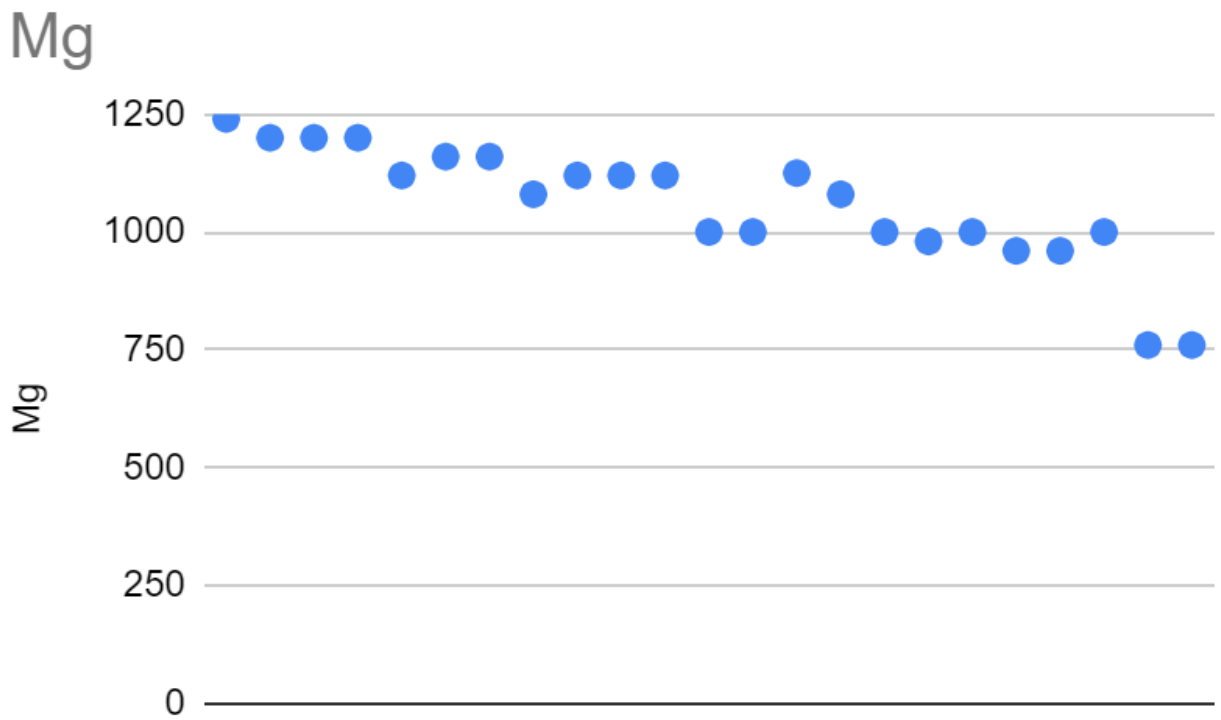


Figura 7. Mg = variação de magnésio durante o período de experimentação, seguindo o teste *Red Sea*.

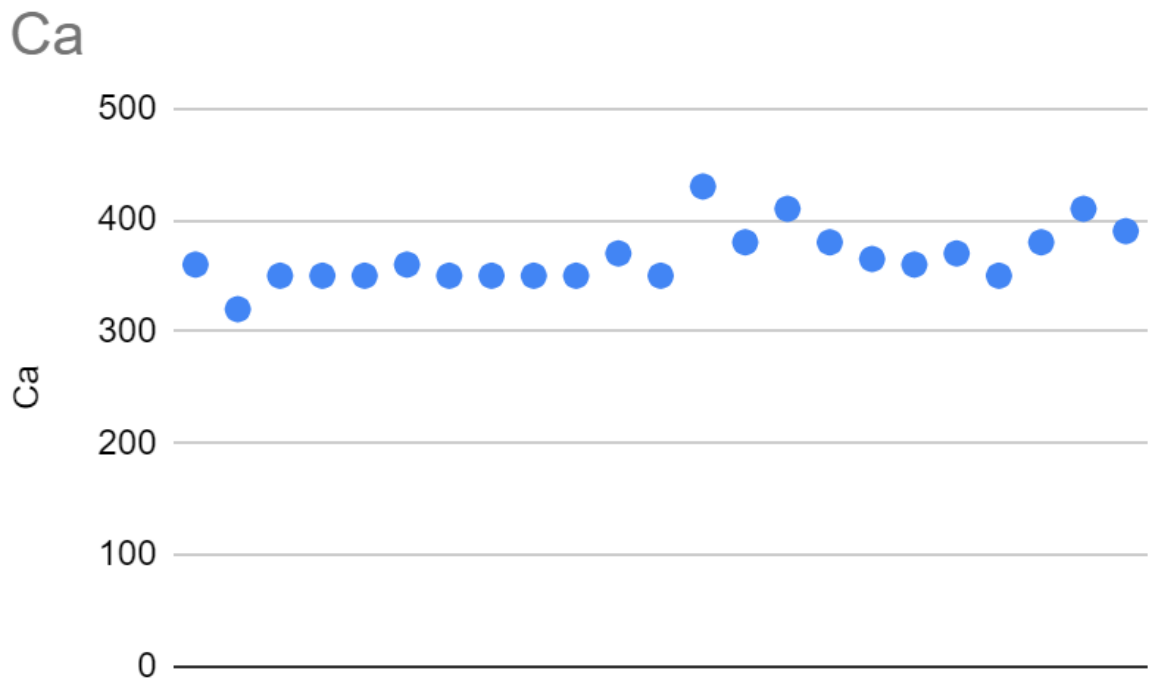


Figura 8. Ca = variação de carbonato de cálcio durante o período de experimentação, seguindo o teste *Red Sea*.

SALINIDADE



Figura 9. Salinidade = variação na salinidade durante o experimento, sendo medido com um refratômetro.

6.5. Alimentação:

A alimentação por heterotrofia estimula ambos corais e zooxantelas, provendo concentrações naturais de nitrogênio, fosfato e carbono, não perturbando o balanço nutricional dentro do coral, diferentemente de enriquecimentos com N e P inorgânicos dissolvidos na coluna de água (FERRIER PAGÈS et al., 2003; HOULBRÈQUE et al., 2003, 2004; OSINGA et al., 2011). Há evidências de dietas generalistas empregadas por corais. Anteriormente, predominava a noção de que corais seriam animais altamente especializados em carnivorismo e atualmente percebe-se que corais e hidrocorais empregam estratégias politróficas de nutrição (LEWIS, 1993; SOROKIN, 1990; YONGE, 1930). De qualquer modo, há evidências que comprovam o generalismo para o gênero *Millepora*, como evidenciado por Lewis (1993) em seu estudo quantificando e qualificando itens alimentares para *M. complanata*; obtendo resultados encontrados no conteúdo da cavidade gastrovascular de pólipos com maior proporção de copépodes, anfípodes e ovos de copépodes, respectivamente em ordem crescente.

Foram ofertados copépodes em conserva e *Artemia salina* em náuplio e cisto numa periodicidade de 48 horas (Figura 6), seguindo protocolo padrão: desliga-se a circulação interna do aquário e fluxo de recalque, deixando os animais sem

turbulências durante 40 minutos para a secreção de muco digestivo. Na sequência, o item alimentar é ofertado, sendo pipetado diretamente sobre as colônias; espera-se 40 minutos até a retomada da circulação interna para a captura e ingestão do alimento. O período adotado surtiu efeito, evidenciado no desenvolvimento de processos incrustantes e crescimento das colônias, levando em consideração as capacidades do sistema de exportar a carga orgânica sem acumular compostos nitrogenados tóxicos. O período de 48 horas entre as alimentações foi bem empregado visto que o período de digestão relatado para uma espécie do gênero compreende 24 horas, evitando assim um possível estresse alimentar; considerando, também, que os pólipos não são capazes de capturar presas múltiplas vezes, sendo impossibilitado de ser preenchido enquanto não digerir o conteúdo presente (LEWIS, 1993).

Logo, os organismos não apresentaram grandes sinais de ingestão, não descartando a ingestão dos nutrientes dissolvidos por osmotrofia. Este resultado se deu, possivelmente, pela dimensão física entre pólipos *versus* item alimentar; havendo evidências de itens alimentares de tamanho similar ao diâmetro polipar (LEWIS, 1993). Logo, de forma a articular uma nova abordagem, optamos por ofertar zooplâncton em pó diretamente sobre as colônias como item alimentar. Todavia, o valor monetário empregado na compra de zooplâncton em pó, atualmente no mercado brasileiro, gira em torno de R\$700,00 (setecentos reais) cada 120 g, dificultando o emprego único deste item.

Oliveira (2008) registrou o crescimento de *Millepora alcicornis* sem a introdução de nutrientes, evidenciando seu crescimento sem suplementação, mas com desenvolvimento vertical de até 7 mm ao final de 15 semanas. O mesmo autor utilizou o método de *buoyant weight* para medir o crescimento dos organismos. No presente estudo, o experimento aponta o crescimento de 47 mm em altura durante os meses de Junho (Anova de medida repetidas, $p < 0,001$), Julho e Agosto (totalizando 9,6 semanas), (Figura 11). Observa-se que a alimentação incentivou o crescimento dos organismos, tendo resultados mais pronunciados quando comparados aos encontrados por Oliveira (2008), elucidando a alimentação como fator de crescimento, como visto por Houlbrèque e Ferrier-Pagès (2009), corroborando a importância da alimentação como fator relevante componente no crescimento coralíneo.



Figura 10. (A) Colônia mostrando crescimento incrustante do hidrocoral *Millepora alcicornis*, por sobre a base de plástico. (B) Colônia de *Millepora alcicornis*, demonstrando pólipos estendidos quando estimulada com itens alimentares sob regime de alimentação.

Vale salientar que as alimentações foram feitas apenas durante os ciclos de diurnos. Logo, permanecem desconhecidos os dados de crescimento com alimentações diurnas e noturnas. Entretanto, o aproveitamento tende a ser positivo desde que devidamente espaçadas, uma vez que os pólipos de *Millepora sp.* expandem-se à noite, demonstrando comportamento alimentar noturno, como nos corais (LEWIS, 1989).

Não obstante, a frequência de alimentação adotada interfere na hidroquímica do sistema, diretamente nas proporções de excreção de amônia, absorção e excreção de nitrogênio como evidenciado para *Astrangia danae* por Szmant (1984).

Millepora - Altura Média



Figura 11. Altura média de *Millepora* sp. registrados ao longo de três meses, com crescimento medido em milímetros por meio de fita métrica, sendo medido da base ao ápice da colônia.

A constante introdução de nutrientes contribuiu para geração de amônia durante o experimento. Contudo, a variação de amônia não ultrapassou 1 ppm, segundo o teste Labcon e *Red Sea*, durante o período do estudo. Dessa forma, as zooxantelas não sofreram com a toxicidade da amônia no sistema, visto que também não houve *crash* tampouco variações com picos altos ou constantes, assim como o estudo realizado por Grover et al. (2002) elucidando que zooxantelas se desenvolvendo bem em taxas de amônia equivalentes ou mais baixas que 0.6 μM ; no atual trabalho, evidencia-se que os níveis de amônia não interferem no metabolismo de zooxantelas.

Registramos também a baixa progressiva no crescimento dos animais, evidenciada no gráfico na transição dos meses de julho e agosto (Figura 11; Tabela 1). Nela, pode-se observar a baixa no crescimento dos organismos durante o período de julho a agosto; a principal causa deste efeito pode se dar pela baixa na frequência de trocas parciais de água durante o último mês de medições, ocasionando um déficit na exportação de nutrientes, assim como a reposição de elementos traços no sistema como zinco e ferro, em específico, componentes importantes na construção do esqueleto coralíneo. Concomitantemente, a baixa de trocas de água se deu pela impossibilidade de coleta de água nos períodos de chuvas.

Continuamente introduzida, a matéria orgânica (compostos ricos em N e P) resultou no surgimento de algas filamentosas, corroborando com estudos prévios como evidenciado na literatura de Genin et al. (1995). Deste modo, devido às sobras eventuais das alimentações, estudos futuros devem experimentar o emprego de invertebrados detritívoros como o comercialmente conhecido “Camarão Bailarino”,

Lysmata wurdemanni (Gibbes, 1850), por seus benefícios como detritívoro e agente biológico contra *Exaíptasia pallida* (Agassiz in Verrill, 1864) e, graças às tecnologias atuais, por poder apresentar ciclo de vida completo em cativeiro (DIAZ, 2018; RHYNE e DEAL, 2004); salientamos que, durante o experimento, observamos a presença de *Exaíptasia pallida* (Agassiz in Verrill, 1864), contudo, apenas em partes não colonizadas das bases plásticas de *Millepora sp.*, não tendo observado interação entre as duas espécies.

Muito embora os itens alimentares utilizados, *Artemia salina*. e *Copepoda*, tenham sido evidenciados como eficazes pelo crescimento dos organismos, hipotetizamos que, baseado em evidências generalistas de algumas espécies, predando tanto organismos animais quanto vegetais (SILVA, 2019), diversos ítems alimentares podem ser utilizados, como camarão, peixe e organismos vegetais como macrófitas e microalgas marinhas.



Figura 12.
Copépodos em conserva inicialmente utilizados em regimes alimentares

durante o experimento.

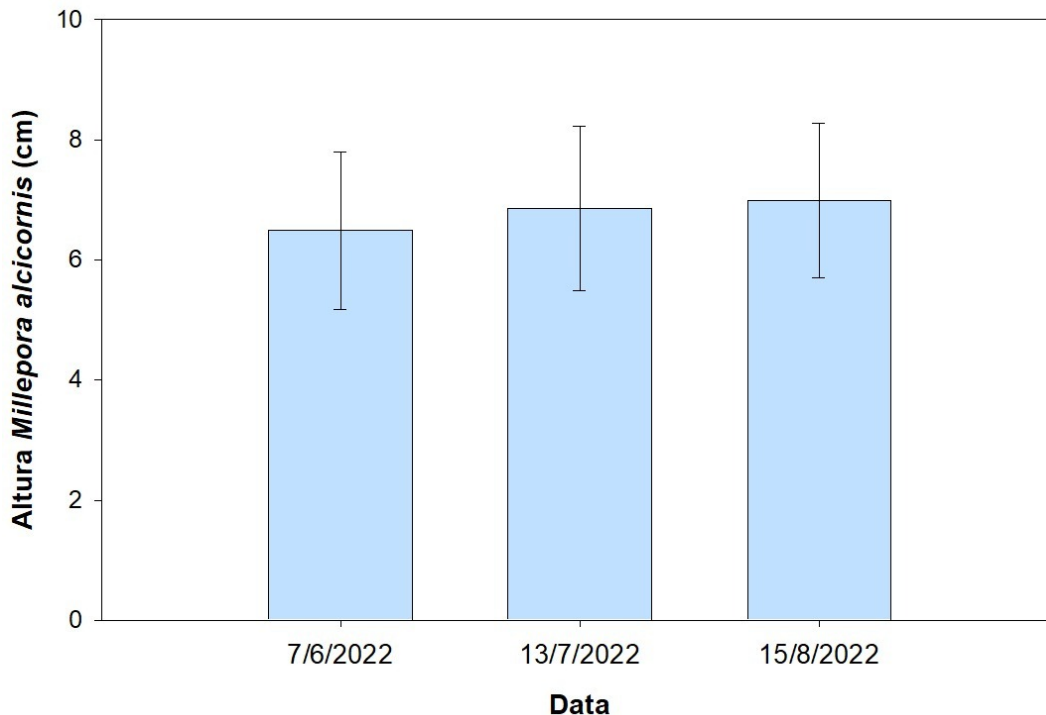


Tabela 1. Comparação de crescimento geral médio de *Millepora alcicornis*, evidenciando a redução no último mês de medições.

7. CONCLUSÃO:

Um dos maiores obstáculos enfrentados durante o estudo se deu em evitar o *crash* do sistema pela acumulação de amônia (NH_3), decorrente da constante introdução de matéria orgânica; em especial os sistemas fechados, a acumulação de amônia pode ocorrer de forma rápida, ameaçando a saúde de sistemas fechados e de ecossistemas por sua toxicidade. Contudo, o sistema misto de filtragem, as trocas parciais de água e a periodicidade do regime alimentar demonstraram eficácia em manter os níveis de amônia baixos o suficiente para evitar sua toxicidade, muito embora não tenha sido testados os níveis de nitrato e fosfato dissolvidos na água do experimento, requerendo assim, estudos evidenciando os níveis de carga orgânica dissolvida na coluna de água.

Os animais demonstraram boa adaptação ao sistema; evidenciado na recuperação das colônias e em suas demonstrações de crescimento, sendo observado tácticas incrustantes ao longo de toda a execução do experimento, bem como pólipos estendidos durante períodos de alimentação. Os epibiontes amphípodes não demonstraram grande influência sobre as colônias de *M. alcicornis*., mesmo que não pudemos observar se os *Amphipoda* foram predados e sendo estes organismos ítems alimentares documentados na literatura em conteúdos gastrovasculares

(LEWIS, 1993). De qualquer modo, há evidências suficientes de que o gênero *Millepora* se beneficia de matéria orgânica predada durante períodos noturnos, mesmo assim, o estudo evidencia apenas alimentações diurnas, requerendo novos ensaios.

O emprego de zooplâncton em pó não é financeiramente viável, deixando aberta uma lacuna para a formulação de itens alimentares mistos menos custosos, tornando viável a execução de novos estudos; deixando aberta a possibilidade da formulação de rações nutricionalmente adequadas à espécie e suas demandas metabólicas. Podendo acarretar em resultados de crescimento e estabilidade mais altos.

Vale também ressaltar que a literatura disponível relativa aos protocolos de manejo e manutenção são em sua maioria voltados para organismos nativos do Indo-Pacífico, ambientes conhecidamente oligotróficos, e buscam atingir níveis baixos de nutrientes na água. Observa-se também que maior parte destes saberes é difundido de forma amadora por criadores tanto em forma de literatura, a exemplo de Bacelar (1997) e Gomes (1997), sendo livros conhecidos, em páginas na internet como fóruns, canais na plataforma do YouTube, Instagram, conhecimentos empíricos e anedóticos compartilhados em grupos no WhatsApp e outros; deve-se pontuar, também, que estes conhecimentos empíricos são transmitidos sem critérios científicos; entretanto, alguns procedimentos são funcionais, como a aclimação ao sistema usando gotejamento e troca de calor entre o ambiente de destino e o ambiente situado o organismo.

Por fim, a formulação de protocolos de manejo e manutenção requer testes sob variadas condições, sendo requerido novos experimentos expandindo não só a variação de elementos abióticos (no intuito de reconhecer condições favoráveis ao crescimento ótimo dos animais) como a adequação dos protocolos encontrados às espécies nativas do litoral brasileiro; de modo a garantir a conservação dos organismos, abrangendo-os melhor com sistemas fechados suficientemente adequados às necessidades fisiológicas dos organismos, possivelmente formulados de maneira espécie-específica. Não obstante, as escalas do experimento devem ser variadas em trabalhos futuros, visando encontrar o limites mínimos para manutenção de antozoários e hidrozoários, encontrando meios de mitigar o acúmulo de amônia em sistemas menores.

8. REFERÊNCIAS:

Abelson, A., & Shlesinger, Y. (2002). Comparison of the development of coral and fish communities on rock-aggregated artificial reefs in Eilat, Red Sea. *ICES Journal of Marine Science*, 59(suppl), S122-S126.

Allemand, D. E. N. I. S., Tambutté, É. R. I. C., Girard, J. P., & Jaubert, J. E. A. N. (1998). Organic matrix synthesis in the scleractinian coral *Stylophora pistillata*: role in biomineralization and potential target of the organotin tributyltin. *The Journal of experimental biology*, 201(13), 2001-2009.

Anthony, K. R. N. (2000). Enhanced particle-feeding capacity of corals on turbid reefs (Great Barrier Reef, Australia). *Coral reefs*, 19(1), 59-67.

Amaral, F. M., Steiner, A. Q., Broadhurst, M. K., & Cairns, S. D. (2008). An overview of the shallow-water calcified hydroids from Brazil (Hydrozoa: Cnidaria), including the description of a new species. *Zootaxa*.

Ardel, V. F., & dos Santos, S. A. D. (2012). A aquariofilia como ferramenta de educação ambiental para conservação da biodiversidade. *Revista Monografias Ambientais*, 6(6), 1238-1243.

Atkinson, M. J., & Bilger, R. W. (1992). Effects of water velocity on phosphate uptake in coral reef- hat communities. *Limnology and Oceanography*, 37(2), 273-279.

BACELAR, A. (1997). *Aquários marinhos de recifes de corais*. NBL Editora.

Becker, L. C., & Mueller, E. (2001). The culture, transplantation and storage of *Montastraea faveolata*, *Acropora cervicornis* and *Acropora palmata*: what we have learned so far. *Bulletin of marine science*, 69(2), 881-896.

Bongiorni, L., Giovanelli, D., Rinkevich, B., Pusceddu, A., Chou, L. M., & Danovaro, R. (2011). First step in the restoration of a highly degraded coral reef (Singapore) by in situ coral intensive farming. *Aquaculture*, 322, 191-200.

Baird, A. H., Bhagooli, R., Ralph, P. J., & Takahashi, S. (2009). Coral bleaching: the role of the host. *Trends in Ecology & Evolution*, 24(1), 16-20.

Borneman, E. (2008). Introduction to the husbandry of corals in aquariums: A review. *Public Aquar. Husb. Ser.*, 2, 3-14.

Borneman, E. (2008). Introduction to the husbandry of corals in aquariums: A review. *Advances in coral husbandry in public aquariums*. Arnhem: Burgers' Zoo, 3-14.

Borneman, E. H., & Lowrie, J. (2001). Advances in captive husbandry and propagation: an easily utilized reef replenishment means from the private sector?. *Bulletin of Marine Science*, 69(2), 897-913.

Brown, B. E. (1997). Coral bleaching: causes and consequences. *Coral reefs*, 16(1), S129-S138.

Brunner, B. (2012). *The ocean at home: an illustrated history of the aquarium*. Reaktion Books.

Brusca, R. C., & Brusca, G. J. (2005). *Invertebrados* (No. Sirsi) i9788448602468). México^ eD. FDF: McGraw-Hill Interamericana.

Cairns, S. D. (2007). Deep-water corals: an overview with special reference to diversity and distribution of deep-water scleractinian corals. *Bulletin of marine Science*, 81(3), 311-322.

Clark, S., & Edwards, A. J. (1995). Coral transplantation as an aid to reef rehabilitation: evaluation of a case study in the Maldiv Islands. *Coral reefs*, 14(4), 201-213.

Craggs, J., Guest, J. R., Davis, M., Simmons, J., Dashti, E., & Sweet, M. (2017). Inducing broadcast coral spawning ex situ: Closed system mesocosm design and husbandry protocol. *Ecology and evolution*, 7(24), 11066-11078.

Dennison, W. C., & Barnes, D. J. (1988). Effect of water motion on coral photosynthesis and calcification. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 115(1), 67-77.

Dustan, P. (1982). Depth-dependent photoadaptation by zooxanthellae of the reef coral *Montastrea annularis*. *Marine Biology*, 68(3), 253-264.

Enríquez, S., Méndez, E. R., & Prieto, R. I. (2005). Multiple scattering on coral skeletons enhances light absorption by symbiotic algae. *Limnology and Oceanography*, 50(4), 1025-1032.

Eng, L. C. (1961). Nature's system of keeping marine fishes. *Tropical Fish Hobbyist*, 9(6), 23-30.

Epstein, N. R. P. M., Bak, R. P. M., & Rinkevich, B. (2003). Applying forest restoration principles to coral reef rehabilitation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 13(5), 387-395.

Ferrier-Pagès, C., Houlbrèque, F., Wyse, E., Richard, C., Allemand, D., & Boisson, F. (2005). Bioaccumulation of zinc in the scleractinian coral *Stylophora pistillata*. *Coral Reefs*, 24(4), 636-645.

Ferrier-Pagès, C., Witting, J., Tambutté, E., & Sebens, K. P. (2003). Effect of natural zooplankton feeding on the tissue and skeletal growth of the scleractinian coral *Stylophora pistillata*. *Coral Reefs*, 22(3), 229-240.

Gates, R. T. (1990). Seawater temperature and sublethal coral bleaching in Jamaica. *Coral reefs*, 8(4), 193-197.

Goldman, J. C., Caron, D. A., & Dennett, M. R. (1987). Regulation of gross growth efficiency and ammonium regeneration in bacteria by substrate C: N ratio 1. *Limnology and Oceanography*, 32(6), 1239-1252.

Gomes, S. (1997). *O aquário Marinho e as Rochas Vivas*. Editora Camargo Soares Ltda, São Paulo, 256p.

Grover, R., Maguer, J. F., Reynaud-Vaganay, S., & Ferrier-Pages, C. (2002). Uptake of ammonium by the scleractinian coral *Stylophora pistillata*: effect of feeding, light, and ammonium concentrations. *Limnology and Oceanography*, 47(3), 782-790.

HAF, G. (1940). Studies on the Xeniidæ of the Red Sea: Their Ecology, Physiology, Taxonomy and Phylogeny. *Publ Mar Biol Stn Al Ghardaqa*, 2, 1-117.

Heyward, A. J., Smith, L. D., Rees, M., & Field, S. N. (2002). Enhancement of coral recruitment by in situ mass culture of coral larvae. *Marine Ecology Progress Series*, 230, 113-118.

Hoegh-Guldberg, O. (1999). Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. *Marine and freshwater research*, 50(8), 839-866.

Houlbrèque, F., & Ferrier-Pagès, C. (2009). Heterotrophy in tropical scleractinian corals. *Biological Reviews*, 84(1), 1-17.

Houlbrèque, F., Tambutté, E., Allemand, D., & Ferrier-Pagès, C. (2004). Interactions between zooplankton feeding, photosynthesis and skeletal growth in the scleractinian coral *Stylophora pistillata*. *Journal of Experimental Biology*, 207(9), 1461-1469.

Houlbrèque, F., Tambutté, E., & Ferrier-Pagès, C. (2003). Effect of zooplankton availability on the rates of photosynthesis, and tissue and skeletal growth in the scleractinian coral *Stylophora pistillata*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 296(2), 145-166.

Iglesias-Prieto, R., Matta, J. L., Robins, W. A., & Trench, R. K. (1992). Photosynthetic response to elevated temperature in the symbiotic dinoflagellate *Symbiodinium microadriaticum* in culture. *Proceedings of the national Academy of Sciences*, 89(21), 10302-10305.

Jaubert, J. (1989). An integrated nitrifying-denitrifying biological system capable of purifying sea water in a closed circuit aquarium. *Bull. Inst. Océan. Monaco*, 5, 101-106.

KAPLAN, E. H. *Field guide to coral reef of the Caribbean and Florida*. Boston: Houghton-Mifflin, 1982.

Kleypas, J. A., McManus, J. W., & Meñez, L. A. (1999). Environmental limits to coral reef development: where do we draw the line?. *American zoologist*, 39(1), 146-159.

Lam, K. K. (2000). Coral transplantation onto a stabilised pulverised fuel ash substratum. *Asian Marine Biology*, 17, 25-41.

Leão, Z. M., Kikuchi, R. K., Ferreira, B. P., Neves, E. G., Sovierzoski, H. H., Oliveira, M. D., ... & Johnsson, R. (2016). Brazilian coral reefs in a period of global change: A synthesis. *Brazilian Journal of Oceanography*, 64(SPE2), 97-116.

Leão, Z. M. A. N., Kikuchi, R. K. P., Oliveira, M. D., & Vasconcellos, V. (2010). Status of Eastern Brazilian coral reefs in time of climate changes. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, 5(2), 224-235.

Lesser, M. P., Weis, V. M., Patterson, M. R., & Jokiel, P. L. (1994). Effects of morphology and water motion on carbon delivery and productivity in the reef coral, *Pocillopora damicornis* (Linnaeus): diffusion barriers, inorganic carbon limitation, and biochemical plasticity. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 178(2), 153-179.

Lewis, J. B. (1993). Heterotrophy in corals: zooplankton predation by the hydrocoral *Millepora complanata*. *MARINE ECOLOGY-PROGRESS SERIES*, 90, 251-251.

Lewis, J. B. (1989). The ecology of *Millepora*. *Coral reefs*, 8(3), 99-107.
Marubini, F., & Thake, B. (1999). Bicarbonate addition promotes coral growth. *Limnology and Oceanography*, 44(3), 716-720.

LIMA, Gislaine Vanessa de. Avaliação do estado de conservação do coral endêmico *Mussismilia harttii* (Verrill, 1868) (Cnidaria: Anthozoa) no Brasil. 2017. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

Mayfield, A. B., Tsai, S., & Lin, C. (2019). The coral hospital. *Biopreservation and Biobanking*, 17(4), 355-369.

Meibom, A., Cuif, J. P., Hillion, F., Constantz, B. R., Juillet- Leclerc, A., Dauphin, Y., ... & Dunbar, R. B. (2004). Distribution of magnesium in coral skeleton. *Geophysical Research Letters*, 31(23).

Mies, M., GÜth, A. Z., Tenório, A. A., Banha, T. N. S., Waters, L. G., Polito, P. S., ... & Sumida, P. Y. G. (2018). In situ shifts of predominance between autotrophic and heterotrophic feeding in the reef-building coral *Mussismilia hispida*: an approach using fatty acid trophic markers. *Coral Reefs*, 37(3), 677-689.

Moberg, F., & Folke, C. (1999). Ecological goods and services of coral reef ecosystems. *Ecological economics*, 29(2), 215-233.

Oliveira, M. D., Leão, Z. M., & Kikuchi, R. K. (2008). Cultivo de *Millepora alcicornis* como uma ferramenta para Restauração e Manejo dos Ecossistemas Recifais do Nordeste do Brasil. *Revista de Gestão Costeira Integrada-Journal of Integrated Coastal Zone Management*, 8(2), 183-201.

Omori, M., Aota, T., Watanuki, A., & Taniguchi, H. (2003). Development of coral reef restoration method by mass culture, transportation and settlement of coral larvae. Toward the Desirable Future of Coral Reefs in Palau and Western Pacific, Proceedings. Koror, Palau Int. Coral Reef Center Publication, 31-38.

Ortiz-Prosper, A. L., Bowden-Kerby, A., Ruiz, H., Tirado, O., Cabán, A., Sanchez, G., & Crespo, J. C. (2001). Planting small massive corals on small artificial concrete reefs or dead coral heads. *Bulletin of marine science*, 69(2), 1047-1051.

Osinga, R., Janssen, M., & Janse, M. (2008). The role of light in coral physiology and its implications for coral husbandry. *Public aquarium husbandry series*, 2, 173-183.

Osinga, R., Schutter, M., Griffioen, B., Wijffels, R. H., Verreth, J. A., Shafir, S., ... & Lavorano, S. (2011). The biology and economics of coral growth. *Marine biotechnology*, 13(4), 658-671.

Pearse, V. B., & Muscatine, L. (1971). Role of symbiotic algae (zooxanthellae) in coral calcification. *The Biological Bulletin*, 141(2), 350-363.

Peixoto, R. S., Rosado, P. M., Leite, D. C. D. A., Rosado, A. S., & Bourne, D. G. (2017). Beneficial microorganisms for corals (BMC): proposed mechanisms for coral health and resilience. *Frontiers in Microbiology*, 8, 341.

Pereira, P. H., Lima, G., Pontes, A., Silva, L., Silva, E., Sampaio, C., ... & Seoane, J. C. S. Unprecedented coral mortality on Southwestern Atlantic (SWA) coral reefs following major thermal stress. *Frontiers in Marine Science*, 338.

Raymundo, L. J., Maypa, A. P., & Luchavez, M. M. (1998). Coral seeding as a technology for recovering degraded coral reefs in the Philippines. In *International workshop on the rehabilitation of degraded coastal systems*, Phuket (Thailand), 19-24 Jan 1998.

Rhyne, A. L., Lin, J., & Deal, K. J. (2004). Biological control of aquarium pest anemone *Aiptasia pallida* Verrill by peppermint shrimp *Lysmata* Risso. *Journal of Shellfish Research*, 23(1), 227-230.

Rinkevich, B. (1995). Restoration strategies for coral reefs damaged by recreational activities: the use of sexual and asexual recruits. *Restoration Ecology*, 3(4), 241-251.

Rinkevich, B. (2006). The coral gardening concept and the use of underwater nurseries: lessons learned from silvics and silviculture. *Coral reef restoration handbook*, 291-302.

Santana, T. B. (2006). Caracterização hidroquímica e distribuição das assembléias macrobênticas na porção central do recife de Coroa Vermelha, Santa Cruz de Cabrália, Bahia (Doctoral dissertation, Tese de mestrado. Universidade Estadual de Santa Cruz).

Sauder, L. A., Engel, K., Stearns, J. C., Masella, A. P., Pawliszyn, R., & Neufeld, J. D. (2011). Aquarium nitrification revisited: Thaumarchaeota are the dominant ammonia oxidizers in freshwater aquarium biofilters. *PloS one*, 6(8), e23281.

Silva Junior, J. G. A. D. (2019). A importância da matéria orgânica particulada (MOP) na alimentação de *Palythoa caribaeorum* e *Zoanthus sociatus* (CNIDARIA: ANTHOZOA: ZOANTHARIA) (Bachelor's thesis, Brasil).

Schneider, K., & Erez, J. (2006). The effect of carbonate chemistry on calcification and photosynthesis in the hermatypic coral *Acropora eurystoma*. *Limnology and Oceanography*, 51(3), 1284-1293.

Shafir, S., & Rinkevich, B. (2010). Integrated long-term mid-water coral nurseries: a management instrument evolving into a floating ecosystem. *University of Mauritius Research Journal*, 16, 365-386.

Sorokin, Y. I. (1990). Aspects of trophic relations, productivity and energy balance in coral-reef ecosystems. *Ecosystems of the world*, 25, 401-418.

Stambler, N., Popper, N., Dubinsky, Z. V. Y., & Stimson, J. (1991). Effects of nutrient enrichment and water motion on the coral *Pocillopora damicornis*.

Sunda, W. G. (1989). Trace metal interactions with marine phytoplankton. *Biological Oceanography*, 6(5-6), 411-442.

Szmant-Froelich, A., & Pilson, M. E. Q. (1984). Effects of feeding frequency and symbiosis with zooxanthellae on nitrogen metabolism and respiration of the coral *Astrangia danae*. *Marine Biology*, 81(2), 153-16

Thomas, F. I. M., & Atkinson, M. J. (1997). Ammonium uptake by coral reefs: effects of water velocity and surface roughness on mass transfer. *Limnology and Oceanography*, 42(1), 81-88.

Titlyanov, E. A., Titlyanova, T. V., Yamazato, K., & van Woesik, R. (2001). Photo-acclimation dynamics of the coral *Stylophora pistillata* to low and extremely low light. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 263(2), 211-225.

Toonen, R. J., & Wee, C. B. (2005). An experimental comparison of sediment-based biological filtration designs for recirculating aquarium systems. *Aquaculture*, 250, 244-255.

WoRMS - World Marine Register of Marine Species. Plataforma WoRMS: **Plataforma WoRMS**, 2022. Disponível em: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=210726>. Acesso em: 20 set. 2022.

Yonge, C. M. (1930). Studies on the physiology of corals. I. Feeding mechanisms and food.