

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

**A UTILIZAÇÃO DE SUBSTRATOS PODE AFETAR A QUALIDADE DA ÁGUA
NO CULTIVO DE ORGANISMOS AQUÁTICOS?**

Soraya Pieroni

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Gomes Sanches

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca - APTA - SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Pesca.

São Paulo

Agosto – 2020

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO DE PESCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AQUICULTURA E PESCA

**A UTILIZAÇÃO DE SUBSTRATOS PODE AFETAR A QUALIDADE DA ÁGUA NO
CULTIVO DE ORGANISMOS AQUÁTICO?**

Soraya Pieroni

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Gomes Sanches

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca - APTA - SAA, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Aquicultura e Pesca.

São Paulo

Agosto – 2020

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Elaborada pelo Núcleo de Informação e Documentação. Instituto de Pesca, São Paulo

U731s Pieroni, Soraya
A utilização de substratos pode afetar a qualidade da água no cultivo de organismos aquáticos ? - São Paulo, 2020
v, 38f. ; il. ; gráf. , tab.

Dissertação (mestrado) apresentada ao Programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca – APTA - Secretaria de Agricultura e Abastecimento.

Orientador: Eduardo Gomes Sanches

1. Dolomita. 2. Alcalinidade. 3. Peixes ornamentais. 4. Aquicultura. I. Sanches, Eduardo Gomes. II. Título.

CDD 639.3

Permitida a cópia parcial, desde que citada a fonte – O autor

AGRADECIMENTOS

Primeiramente expresso minha gratidão a Deus e sua interligação com o Universo e suas leis, permitindo bons feitos ao longo da minha vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Eduardo Gomes Sanches pelo profissionalismo, paciência, dedicação e oportunidade. Inclusive nesse processo final do qual seus conselhos foram de muita avalia.

Principalmente aos meus pais, Pieroni Giovanni e Jandira Flavia S. Pieroni pelo apoio e compreensão e muito amor em todo momentos para conclusão desta etapa da minha vida. A minha irmã Samara Pieroni pessoa fundamental na minha juventude. Ao meu querido Simon B. Baggett pelo suporte e atenção nesse processo final.

À todos docentes pelos aprendizados e dedicação em suas disciplinas.

À todos amigos que fiz neste mestrado e o bons momentos que tivemos juntos, em especial pela ajuda de algumas pessoas que tive o privilégio de conviver.

Ao incentivo de todos os meus amigos tanto os que se encontram em países distantes quanto os que estão próximos, sempre acreditaram na minha capacidade e torceram por mim.

Ao secretário da pós-graduação, Ocimar Pedro pelo seu trabalho com os discentes.

À Dra. Ana Carolina Mello Santos Gheller pelos seus conselhos, aprendizado e sua grande amizade em um momento delicado deste projeto.

À minha querida Professora Dra. Vanessa Villanova Kuhnen pelo total apoio e orientação.

Ao Instituto de Pesca e seu programa de Pós-graduação em Aquicultura e Pesca e pela oportunidade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	v
RESUMO	5
ABSTRACT	6
INTRODUÇÃO GERAL.....	7
OBJETIVO GERAL	13
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
REFERÊNCIAS.....	14
ARTIGO PARA PUBLICAÇÃO	16
Introdução.....	17
Material e Métodos	20
Resultados	22
Discussão.....	25
Conclusão	28
Referências	29
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	32

RESUMO

A escolha de substratos adequados tem recebido especial atenção em empreendimentos de aquicultura e aquarismo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes substratos sobre a qualidade da água e o desenvolvimento do lambari rosa (*Astyanax bimaculatus*) e do camarão de água doce (*Macrobrachium potiuna*). Foram realizados dois experimentos sequencialmente, um com peixes e o outro com camarões. Em ambos experimentos foram avaliados três diferentes substratos (cascalho de concha, cascalho de rio e dolomita), sendo o controle, sem substrato. Os parâmetros de água avaliados foram: oxigênio dissolvido, saturação, potencial de óxido-redução, temperatura, pH, alcalinidade, condutividade, amônia, nitrito, nitrato e fósforo. Foi observado que tanto a dolomita como o cascalho de conchas interferiram nos parâmetros que apresentam relação com o equilíbrio ácido-base da água e a disponibilidade de cálcio e magnésio. O desempenho produtivo do lambari rosa não foi afetado considerando os distintos substratos avaliados, entretanto, o desempenho produtivo do camarão de água doce foi inferior na ausência de substrato em relação aos demais tratamentos.

Termos para indexação: dolomita, alcalinidade, aquicultura, peixes ornamentais, cascalho de concha.

ABSTRACT

The choice of suitable substrates has received special attention in aquaculture and fishkeeping ventures. The aims of this study was to evaluate the influence of different substrates on water quality and the development of lambari rosa (*Astyanax bimaculatus*) and freshwater shrimp (*Macrobrachium potiuna*). Two experiments were performed sequentially, one with fish and the other with shrimp. In both experiments, three different substrates were evaluated (shell gravel, river gravel and dolomite), the control being without substrate. The water parameters evaluated were: dissolved oxygen, saturation, oxide-reduction potential, temperature, pH, alkalinity, conductivity, ammonia, nitrite, nitrate and phosphorus. It was observed that both dolomite and shelling gravel interfered with the parameters that are related to the acid-base balance of the water and the availability of calcium and magnesium. The productive performance of lambari rosa was not affected considering the different substrates evaluated, however, the productive performance of freshwater shrimp was lower in the absence of substrate in relation to the other treatments.

Index terms: dolomite, alkalinity, aquaculture, ornamental fish, shell gravel.

INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil tem grande potencial para a aquicultura, pelas condições naturais, pelo clima favorável e pela sua matriz energética. Este potencial está relacionado à sua extensão costeira de mais de oito mil quilômetros, à sua zona econômica exclusiva (ZEE) de 3,5 milhões de km² e à sua dimensão territorial, que dispõe de, aproximadamente, 13% da água doce renovável do planeta (Rocha et al., 2013).

Neste aspecto, os oceanos exercem grande influência sobre o clima e o desempenho da economia mundial, sendo responsáveis por 50% do oxigênio que se respira e pela absorção de 30% do CO₂ emitido no planeta. Os oceanos influenciam o ciclo de chuvas e a oferta de água nos continentes, impactando o equilíbrio de vários ecossistemas, o desempenho da produção agrícola, a qualidade de vida no campo e nas cidades e, portanto, o próprio dinamismo da economia global (Cembra, 2012).

A produção aquícola no Brasil foi estimada em 476.522,00 toneladas em 2013, com uma taxa de crescimento de 56% nos últimos 12 anos (IBGE, 2014). A dimensão econômica como negócio foi de aproximadamente de 3 bilhões/ano. Mais recentemente, com a entrada de novas empresas, rápida profissionalização e intensificação tecnológica, a aquicultura brasileira apresentou crescimento de 123% entre 2005 e 2015, passando de 257 mil para 574 mil toneladas de pescado. Somente em 2017, a produção brasileira de tilápia foi de 357.639 toneladas, de acordo com levantamento da Associação Brasileira da Piscicultura - PeixeBR (Albuquerque, 2018). Esse resultado coloca o Brasil entre os quatro maiores produtores do mundo, atrás de China, Indonésia e Egito.

A piscicultura continental representa o cultivo de peixes em água doce. Na piscicultura continental as principais espécies cultivadas são: tilápia, truta, peixes redondos (tambaqui, pacu, tambacu e pirapitinga), carpas, curimatã, piauí, pintado, entre outras. O cultivo pode ser realizado em viveiros, tanques, raceways ou taque-rede (Lopes, 2012).

A piscicultura continental, a carcinicultura marinha e a malacocultura são os ramos mais desenvolvidos da aquicultura brasileira, baseadas principalmente em espécies exóticas ou não nativas, sendo praticadas em diversos ambientes, modalidades e estratégias de produção (Brasil, 2013). Essa grande vocação e o potencial de mercado criado pelo setor aquícola atrai investidores domésticos e internacionais interessados tanto no cultivo de pescado, como em diversos outros segmentos da cadeia de produção, em especial ração, medicamentos e vacinas, genética e equipamentos (Kubitza, 2015).

Em 2011, a maricultura brasileira foi representada pelas criações de camarão marinho, principalmente na região Nordeste, e de moluscos bivalves, em especial ostras e mexilhões, na região Sul. As espécies produzidas foram o camarão-cinza ou camarão-branco do Pacífico *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), a ostra japonesa ou ostra do Pacífico *Crassostrea gigas*, mexilhão *Perna perna* (Linnaeus, 1758) e a vieira *Nodipecten nodosus*. A produção da maricultura nacional foi de 84,2 mil toneladas, com as participações de 65,2 mil toneladas da região Nordeste, 18,7 mil toneladas da região Sul, 140,5 toneladas do Norte e 72,9 toneladas do Sudeste (Brasil, 2013).

O continente responsável pela maior parcela da produção mundial de pescado no ano de 2012 foi a Ásia, com 103,6 milhões de toneladas, seguido pelo Americano, com 25,5 milhões de toneladas. Deste total, a América do Norte contribuiu com 27%, com destaque para a produção pesqueira dos Estados Unidos, e as Américas Central e do Sul participaram com 73%, com ênfase para a pesca no Peru e no Chile e para a aquicultura no Chile e no Brasil (Brabo et al., 2016).

Em 2018 ocorreu a maior expansão dos setores de pesca e aquicultura, com produção, comércio e consumo atingindo picos históricos. O crescimento da produção deveu-se ao aumento dos desembarques da pesca (principalmente de anchoveta na América do Sul) e à expansão contínua da produção de aquicultura, em torno de 3 a 4% ao ano (FAO, 2019).

Desde o fim dos anos 1980, a atividade da pesca por meio da captura estabilizou a produção na faixa de 90 milhões de t/ano, enquanto a produção da aquicultura sextuplicou, saltando de 16,5 milhões de t/ano, em 1989, para 106 milhões de t/ano, em 2015 (Siqueira, 2018).

A aquicultura é a atividade agropecuária que mais cresce no Brasil e no Mundo, conseqüentemente surgem novas oportunidades de mercado. Nesse contexto, é fundamental que as empresas atuantes no ramo conheçam as características e peculiaridades do comércio varejista e atacadista dos produtos aquícolas.

Entre as espécies autóctones com potencial para a piscicultura nacional, algumas de pequeno porte, da família Characidae, popularmente conhecidas como lambaris, têm recebido maior atenção, devido a características zootécnicas favoráveis à produção em cativeiro (Porto-Foresti et al., 2010). Lambari é a denominação popular de peixes taxonomicamente inseridos na Classe Actinopterygii, ordem Characiformes, família Characidae. A ordem Characiformes representa um grupo de peixes ósseos exclusivamente dulcícolas com 24 famílias, 270 gêneros e mais de 1800 espécies (Eschmeyer, 2019). A família Characidae é a maior das famílias da ordem Characiformes,

e contém 65% das espécies da ordem, distribuídas em 12 subfamílias, 167 gêneros e 980 espécies, totalizando 21% de toda a ictiofauna neotropical (Fonseca et al., 2017).

Lambari rosa, (*Astyanax bimaculatus*) é um peixe neotropical, encontrado na América do Sul, abundante em rios e riachos. É uma espécie com grande potencial para ser criada em cativeiro, por serem oportunistas e adaptam com facilidade aos diferentes tipos de sistemas produtivos. São animais de pequeno porte, com ciclo produtivo normalmente de quatro meses. Pode ser comercializado como iscas vivas, como petiscos ou como peixe forrageiro, uma vez que algumas lojas de aquários apresentam demanda da espécie (Costa, 2018).

Segundo Adrian et al. (2001) os itens alimentares encontrados no estomago do lambari estão representados em proporções semelhantes por vegetais (sementes, frutos, algas e macrófitas) e animais (insetos aquáticos e terrestres) tratando-se de uma espécie onívora.

Uma variedade colorida de lambari, denominada de lambari rosa, apresenta bom potencial para cultivo e poucos estudos tem abordado sua biologia e adaptação a condições de cultivo.



Figura 1- Lambari-rosa. Foto: Soraya Pieroni.

Macrobrachium potiuna (Muller, 1880) é um palemonídeo de pequeno porte, que se distribui nas bacias da vertente Atlântica do Sudeste e Sul do Brasil, desde o Espírito Santo até o Rio Grande do Sul, tendo como habitat preferencial os riachos de montanha, os quais são caracterizados por possuírem correnteza, fundo arenoso e vasta vegetação nas margens (Bond-Buckup e Buckup, 1989; Melo, 2003; Mattos, 2009). Segundo

Antunes e Oshiro (2004) esse camarão não necessita de água salobra para completar seu ciclo vital, diferindo das demais espécies do mesmo gênero.



Figura 2 - *Macrobrachium potiuna* – Fonte Planeta Invertebrados.

Essencial para a produção de organismos aquáticos, a qualidade da água está diretamente relacionada ao desempenho e à sobrevivência do peixe, pois níveis elevados de compostos nitrogenados, como é o caso da amônia e do nitrito, podem causar problemas desde a diminuição do desempenho até a mortalidade por intoxicação (Ostrensky e Boeger, 1998; Kubitzka, 2000). O conhecimento sobre os parâmetros da qualidade de água e de suas variações é de extrema importância, pois os peixes dependem da água para realizar todas as suas funções, ou seja: respirar, se alimentar, reproduzir e excretar. Para um bom desenvolvimento dos organismos aquáticos e uma produção economicamente viável torna-se necessário o controle dos parâmetros da água (Leira et al., 2017).

Os sistemas de recirculação aplicados na aquicultura permitem um elevado nível de controle em produções superintensivas, maximizando a reutilização de água, por meio do tratamento utilizando processos que incluem a remoção de sólidos, biofiltração, balanceamento de gás, oxigenação e desinfecção (Kubitzka, 2015).

O monitoramento tem que ser feito nos parâmetros como, temperatura, oxigênio dissolvido, transparência, pH, amônia, dureza da água e nutrientes (nitrogênio, fósforo, cálcio, etc.). São estes os principais fatores que podem ser medidos com uma certa facilidade, necessitando apenas de Kits, pois facilita o trabalho (Lourenço, 1999).

No Brasil, o interesse de investidores pelo cultivo de peixes em sistemas fechados é ainda muito recente . O uso destes sistemas em escala comercial ainda é restrito a

alguns empreendimentos com peixes ornamentais, aos laboratórios de reprodução de tilápia e nas larviculturas de camarão . Sistemas pioneiros visando a recria e engorda de tilápias foram implementados no final da década de 90. Grande parte destes empreendimentos enfrentou problemas operacionais ou de viabilidade econômica que inviabilizaram a produção (Kubitza, 2006).

A qualidade da água nos sistemas de criação de peixes está relacionada com a água de origem, manejo (calagem, adubação e limpeza), espécies cultivadas e quantidade e composição do alimento fornecido . A água que entra nos viveiros tem suas características químicas que podem ser mantidas ou modificadas , sendo frequentemente influenciadas, dentro do sistema, pelo aporte de matéria orgânica e nutriente (Boyd, 1986; Mercante et al., 2007; Macedo e Sipauba-Tavares, 2010).

O monitoramento e a correção da qualidade da água contínuo do oxigênio , amônia total e gás carbônico nos tanques de cultivo; do pH e da alcalinidade total (que tendem a abaixar ao longo do tempo); de outros parâmetros complementares (nitrito, nitrato, íons cloretos, sólidos em suspensão , entre outros). O operador do sistema deve dispor de equipamentos confiáveis para monitorar a qualidade da água . Além disso, deve conhecer os princípios , interações e processos físicos , químicos e biológicos que determinam a qualidade da água nos sistemas de recirculação. Também deve se aprimorar no conhecimento de estratégias utilizadas na correção da qualidade da água (os princípios que regem a aeração; o uso de cal e calcário para corrigir o pH e a alcalinidade, bem como para reduzir a concentração de gás carbônico na água ; aplicação de sal (cloreto) para se prevenir contra níveis elevados de nitrito ; dentre outras) (Kubitza, 2006).O monitoramento da qualidade da água é fundamental para o sucesso da operação dos sistemas de recirculação marinhos, podendo ser realizado por sistemas automáticos ou manuais. Os seguintes parâmetros devem ser medidos: temperatura (°C), oxigênio dissolvido (OD), gás carbônico (CO₂), sólidos em suspensão (turbidez), amônia (NH₃), nitrito (NO₂), nitrato (NO₃), pH, salinidade, potencial de oxirredução (ORP) (Azevedo et al., 2014). A condutividade é outro parâmetro pode ser monitorado na qualidade da água.

A dureza e a alcalinidade são os principais componentes do sistema tampão da água, responsável por impedir variações bruscas no pH e de assimilar o excesso de gás carbônico. O pH regula a toxidez de diversos compostos tóxicos, especialmente a amônia. O gás carbônico é o principal combustível para a fotossíntese e desenvolvimento das microalgas que produzem oxigênio, removem amônia e formam a base de uma cadeia alimentar aproveitada por diversas espécies de peixes e camarões. Apesar de serem de monitoramento simples, esses parâmetros recebem pouca atenção dos produtores, visto

que não impõem risco direto à sobrevivência dos animais, ao contrário do que acontece, por exemplo, quando ocorre um déficit de oxigênio. No entanto, condições marginais destes parâmetros podem prejudicar o bem estar geral, a saúde e o desempenho dos peixes e camarões (Kubitza, 2006).

OBJETIVO GERAL

Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência de diferentes substratos (cascalho de concha, cascalho de rio e dolomita) na qualidade da água e desenvolvimento do lambari rosa (*Astyanax bimaculatus*) e do camarão de água doce (*Macrobrachium potiuna*).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Avaliar a influência dos substratos nos parâmetros da água;
2. Verificar o desempenho produtivo dos organismos aquáticos mantidos em diferentes substratos;
3. Comparar os distintos substratos em relação a proporcionar melhores condições ambientais aos organismos aquáticos;
4. Definir qual o melhor substrato para criação dos organismos estudados.

REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL

- Adrian, I. F.; Silva, H.B.R.; Peretti, D. 2001. Dieta de *Astyanax bimaculatus* (Linnaeus, 1758) (Characiformes, Characidae), da área de influência do reservatório rio de Corumbá, Estado de Goiás, Brasil. *Acta Scientiarum Biological Sciences*, 23: 435-440.
- Albuquerque, A. 2018. Anuário Brasileiro da Piscicultura Peixe BR. Brasília: Peixe BR. 138p.
- Antunes, L.S.; Oshiro, L.M.Y. 2004. Aspectos reprodutivos do camarão de água doce *Macrobrachium potiuna* (Muller) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) na Serra do Piloto, Mangaratiba, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 21: 261-266.
- Azevedo, V. G.; Neto, G. H.; Paula, H. L.; Almeida, S.; Sanches, E. G. 2014. Sistemas de recirculação para cultivo de peixes marinhos - Procedimento Operacional Padrão (POP) – 13p.
- Brabo, M. F.; Pereira, L. F. S.; Santana, J. V. M.; Campelo, D. A. V.; Veras, G. C. 2016. Cenário atual da produção de pescado no mundo, no Brasil e no estado do Pará: ênfase na aquicultura. *Acta of Fisheries and Aquatic Resources*, 4: 50-58.
- Brasil 2013. Boletim estatístico de pesca e aquicultura do Brasil 2011. Brasília: Brasil.
- Bond-Buckup, G.; Buckup, L. 1989. Os Palaemonidae de águas continentais do Brasil meridional (Crustacea, Decapoda). *Revista Brasileira de Biologia*, 49: 883-896.
- Boyd, C.E. 1986. Comments on the development of techniques for management of environmental quality in aquaculture. *Aquacultural Engineering*, 5: 135-146.
- Cembra 2012. O Brasil e o mar no século XXI : relatório aos tomadores de decisão do país. Niterói, BHMN.
- Costa, V. F. 2018. Análise de viabilidade econômica e financeira de engorda de lambari (*Astyanax bimaculatus*) em viveiro escavado. Universidade Federal de Uberlândia. Faculdade de Medicina Veterinária. Curso Zootecnia. 31p.
- Fonseca, T.; Costa-Pierce, B. A.; Valenti, W. C. 2017. Lambari aquaculture as a means for the sustainable development of rural communities in Brazil. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, 25: 316-330.
- Kubitza, F. 2015. Aquicultura no Brasil. *Panorama da Aquicultura*, 25: 1014.
- Kubitza, F. 2006. Sistemas de recirculação: Sistemas fechados com tratamento e reuso da água. *Panorama da Aquicultura*, 18: 8-12.

Kubitza, F. 2000. Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial. Jundiaí: Fernando Kubitza. 289p.

IBGE 2014. Pesquisa de Orçamentos Familiares – 2008-2009. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv45419.pdf>. Acesso em: 25 jan. 2020.

Leira, M. H.; Cunha, L. T.; Braz, M. S.; Melo, C.C.V.; Botelho, H. A.; Reghim, L. S. 2017. Qualidade da água e seu uso em pisciculturas. Pubvet.11:11-17.

Lopes, J. C. O. 2012. Técnico em Agropecuária. Piscicultura. EDUFPI, 80p.

Lourenço, J.N.P.; Malta, J. C. O.; Sousa, F. N.1999. A importância de monitorar a qualidade da água na piscicultura. EMBRAPA Amazônia Ocidental.5: 1-4.

Macedo, C.F.; Sipaúba-Tavares H.L. 2010. Eutrofização e qualidade da água na piscicultura: Consequências e recomendações. Boletim do Instituto de Pesca, 36 149-163.

Mattos, L.A.; Oshiro, L.M.Y. 2009. Population structure of *Macrobrachium potiuna* (Crustacea, Palaemonidae) in the Moinho's River, Mangaratiba, Rio de Janeiro, Brazil. Biota Neotropical, 9: 82-86.

Melo, G.A.S. 2003. Manual de identificação dos Crustaceos decapoda de água doce do Brasil. Universidade de São Paulo, São Paulo.

Mercante, C.T.J.; Martins, Y.K.; Carmo, C.F.; OSTI, J.S.; Mainardes Pinto, C.S.R.; Tucci, A. 2007. Qualidade de água em viveiro de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*): caracterização diurna de variáveis físicas, químicas e biológicas, São Paulo, Brasil. Bioikos, 21: 79-88.

FAO 2019. Organization for Economic Co-operation and Development. Disponível em : http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2019-en Acesso em: 16 jan. 2020.

Ostrenski, A.;Boerger, W. 1998.Piscicultura: Fundamentos e Técnicas de Manejo. Liv. Edit. Agropecuária Ltda: Guaíba, RS. 211p.

Porto-Foresti, F.; Castilho-Almeida, R. B.; Senhorini, J. A.; Foresti, F. 2010. Biologia e criação do lambari-do-rabo-amarelo (*Astyanax altiparanae*). *Espécies nativas para piscicultura no Brasil*, 2, 101-116.

Rocha, C. M. C. D.; Resende, E. K. D.; Routledge, E. A. B.; Lundstedt, L. M. 2013. Avanços na pesquisa e no desenvolvimento da aquicultura brasileira. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 48: 12-19.

Siqueira T. V. 2018. Aquicultura: a nova fronteira para produção de alimentos de forma sustentável. BNDES, 25: 119-170.

ARTIGO PARA PUBLICAÇÃO

Can use of substrates affect water quality in aquatic organisms culture?

Artigo redigido nas normas do periódico científico

Aquaculture Reports

QUALIS A2

A UTILIZAÇÃO DE SUBSTRATOS PODE AFETAR A QUALIDADE DA ÁGUA NO CULTIVO DE ORGANISMOS AQUÁTICOS?

Soraya Pieroni¹, Bruno Silva Olier¹, Isabela Ramos Lima², Isadora Marini Sanches², Otávio Mesquita de Sousa², Eduardo Gomes Sanches²

¹ Programa de Pós-Graduação em Aquicultura e Pesca do Instituto de Pesca. Av. Bartolomeu de Gusmão, 192 - Ponta da Praia - Santos - SP, 11045-401

² Laboratório de Piscicultura Marinha, Núcleo Regional de Pesquisa do Litoral Norte, Instituto de Pesca. Av. Cais do Porto, 2275 - Itaguá - Ubatuba - SP, 11680-000

Resumo

A escolha de substratos adequados tem recebido especial atenção em empreendimentos de aquicultura e aquarismo. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes substratos sobre a qualidade da água e o desenvolvimento do lambari rosa (*Astyanax bimaculatus*) e do camarão de água doce (*Macrobrachium potiuna*). Foram realizados dois experimentos sequencialmente, um com peixes e o outro com camarões. Em ambos experimentos foram avaliados três diferentes substratos (cascalho de concha, cascalho de rio e dolomita), sendo o controle, sem substrato. Os parâmetros de água avaliados foram: oxigênio dissolvido, saturação, potencial de óxido-redução, temperatura, pH, alcalinidade, condutividade, amônia, nitrito, nitrato e fósforo. Foi observado que tanto a dolomita como o cascalho de conchas interferiram nos parâmetros que apresentam relação com o equilíbrio ácido-base da água e a disponibilidade de cálcio e magnésio. O desempenho produtivo do lambari rosa não foi afetado considerando os distintos substratos avaliados, entretanto, o desempenho produtivo do camarão de água doce foi inferior na ausência de substrato em relação aos demais tratamentos.

Palavras-chave: dolomita, alcalinidade, aqüicultura, peixes ornamentais, cascalho de concha.

CAN USE OF SUBSTRATES AFFECT WATER QUALITY IN AQUATIC ORGANISMS CULTURE?

Abstract

The choice of suitable substrates has received special attention in aquaculture and fishkeeping ventures. The aims of this study was to evaluate the influence of different

substrates on water quality and the development of lambari rosa (*Astyanax bimaculatus*) and freshwater shrimp (*Macrobrachium potiuna*). Two experiments were performed sequentially, one with fish and the other with shrimp. In both experiments, three different substrates were evaluated (shell gravel, river gravel and dolomite), the control being without substrate. The water parameters evaluated were: dissolved oxygen, saturation, oxide-reduction potential, temperature, pH, alkalinity, conductivity, ammonia, nitrite, nitrate and phosphorus. It was observed that both dolomite and shelling gravel interfered with the parameters that are related to the acid-base balance of the water and the availability of calcium and magnesium. The productive performance of lambari rosa was not affected considering the different substrates evaluated, however, the productive performance of freshwater shrimp was lower in the absence of substrate in relation to the other treatments. Keywords: dolomite, alkalinity, aquaculture, ornamental fish, shell gravel.

INTRODUÇÃO

A recirculação de água é conhecida por ser o sistema de produção mais sustentável (Badiola et al., 2012). Dentre as vantagens deste tipo de sistema estão: exigências reduzidas quanto a solo e água, alto nível de controle ambiental, que permite cultivos anuais com altos índices de crescimento, controle de efluentes e a possibilidade de localização dos cultivos próximos aos grandes centros de comercialização. Entre as principais desvantagens estão o elevado custo de instalação e operação e a complexidade do funcionamento dos sistemas de filtragem (Sanchez et al., 2011). Portanto, a produção de organismos aquáticos em sistemas de recirculação implica no intensivo gerenciamento da qualidade da água.

Condições inadequadas de qualidade da água resultam em prejuízo ao crescimento, reprodução, saúde, e sobrevivência dos organismos cultivados. Para o desenvolvimento de uma aquicultura sustentável, cada vez mais se faz necessário voltar os olhares para o uso adequado da água e a manutenção de sua qualidade (Molisani et al., 2015). Em paralelo, no caso de manutenção de organismos aquáticos em pequenos volumes de água, a manutenção da qualidade de água é ainda mais primordial (Olsen et al., 2018).

Ambientes fechados de criação de organismos aquáticos favorecem a concentração de resíduos metabólicos influenciando negativamente a qualidade da água. Estes resíduos elevam, principalmente, as concentrações de nitrogênio e fósforo na água e no sedimento, promovendo um processo de eutrofização artificial (Al-Asheh et al., 2016). Com a eutrofização há um aumento na concentração de nutrientes e a

conseqüente proliferação do fitoplâncton. A respiração das microalgas e dos organismos aquáticos injeta grandes quantidades de gás carbônico nos sistemas de criação. O gás carbônico em reação com as moléculas de água transforma-se no ácido carbônico (H_2CO_3) que se ioniza em bicarbonato (HCO_3^-) e H^+ . A liberação dos prótons H^+ no sistema reduz o pH da água. Valores extremos de pH prejudicam o crescimento e a reprodução dos organismos aquáticos (Summerfelt et al., 2015).

Em sistemas naturais o pH da água é estabilizado pela direta reação do CO_2 com rochas como calcita (CaCO_3) e dolomita ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$), formando íons bicarbonato. Águas com baixa alcalinidade apresentam reduzido poder tampão e, em função dos processos fotossintético e respiratório, podem apresentar significativas flutuações diárias nos valores de pH (Boyd et al., 2016).

Essencialmente todos os ambientes aquáticos contêm materiais sólidos a base de carbonato de cálcio em diferentes formas. Porém, ambientes artificiais de criação de organismos aquáticos não possuem nenhuma fonte natural de carbonato de cálcio. Desta forma, para manter o equilíbrio iônico da água é necessário incluir fontes de carbonatos. Desta condição decorre a necessidade de inclusão de substratos. Substratos influenciam diretamente o ciclo de vida de diversos organismos aquáticos (Pratchett et al., 2017, Green et al., 2018). Dos compostos disponíveis no mercado, os substratos mais adequados para manter a alcalinidade dos sistemas de produção seriam as rochas calcita, aragonita e dolomita. Essas rochas são encontradas em pedras calcárias, areias carbonatadas, cascalhos, conchas, esqueletos e outras partes duras de vários organismos invertebrados (Fatherree, 2011).

O uso de substratos tem recebido especial atenção em empreendimentos de aquicultura com o objetivo de proporcionar melhores condições ambientais favorecendo a manutenção do equilíbrio iônico dos organismos aquáticos, proporcionando melhores resultados produtivos e conseqüentemente ampliando a rentabilidade econômica. Modernos sistemas de cultivo envolvendo sistemas fechados de recirculação de água (em utilização para produção de peixes e camarões) são altamente dependentes da reposição de carbonatos demandando frequentes reposições.

Apesar deste potencial de utilização, as fontes de carbonatos na aquicultura ainda são originadas de produtos destinados à agricultura, proporcionando baixo desempenho e expressiva variação nos resultados. Por outro lado, não foi encontrado na literatura, trabalhos sobre o efeito do equilíbrio iônico da água e a influência da utilização de substratos no desempenho produtivo de peixes e camarões. Visando contribuir neste

aspecto foram selecionadas duas espécies de organismos aquáticos: lambari rosa e o camarão de água doce.

Lambari rosa *Astyanax bimaculatus* é um pequeno peixe de água doce que pertence à família Characidae. Esta espécie tem ganhado popularidade entre os consumidores de pescados. Seu tamanho e peso comercial atingem, respectivamente, até 15cm e 10g por ciclo, podendo produzir de 3 a 4 ciclos por ano (Jatobá e Silva, 2014). Em termos econômicos o cultivo do lambari rosa se mostra vantajoso pois o mesmo além de ser aceito na culinária possui alta aplicabilidade na pesca esportiva, sendo utilizado como isca viva (Valladão et al., 2016, Henriques et al., 2018).

Macrobrachium potiuna (Muller, 1880) é uma espécie de camarão de pequeno porte, endêmico da fauna brasileira, que contrariamente às demais espécies do gênero, independe de água salobra para completar seu ciclo vital (Antunes e Oshiro, 2004). Esta espécie habita riachos da mata Atlântica, em ambientes com muitas tocas rochosas e fundos de areia (Muller e Carpes, 1991, Lima e Oshiro, 2000).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes substratos (cascalho de concha, cascalho de rio e dolomita) na qualidade da água e desenvolvimento do lambari rosa (*Astyanax bimaculatus*) e do camarão de água doce (*Macrobrachium potiuna*). Baseado na composição química da dolomita e do cascalho de conchas (basicamente carbonato de cálcio e magnésio), nossa hipótese é que o tratamento com estes substratos influenciem positivamente a qualidade de água e, conseqüentemente, o desempenho produtivo dos organismos aquáticos avaliados.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois experimentos visando avaliar a influência do substrato nos parâmetros de qualidade de água e sobre o crescimento dos organismos aquáticos. O primeiro experimento considerou o lambari rosa e o segundo o camarão de água doce. Os experimentos foram conduzidos na Unidade Laboratorial de Referência em Maricultura, do Instituto de Pesca, em Santos.

Experimento 01

A qualidade da água e o desenvolvimento dos peixes foram avaliados em quatro tratamentos: três diferentes substratos (cascalho de concha, cascalho de rio e dolomita) e o controle, sem substrato. Para isso, foram utilizados baldes de plástico com 20 litros de água e 3kg de substrato em cada balde. A aeração foi individualizada e adequada à quantidade de peixes presentes. Para cada tratamento foram realizadas 4 réplicas. Em

cada um dos 16 baldes foram colocados cinco exemplares da espécie *Astyanax bimaculatus* ($2,9\pm 0,9$ g e $6,1\pm 0,6$ cm comprimento total).

Visando identificar a interferência do substrato no ambiente de cultivo, a qualidade de água foi mensurada 1 X por semana. Os parâmetros de água avaliados foram: oxigênio dissolvido, saturação, potencial de óxido-redução, temperatura, pH, alcalinidade, condutividade, amônia, nitrito, nitrato e fósforo. Para tanto foi utilizada uma sonda multiparamétrica (Hanna, 9828) e um colorímetro digital multiprocessado (Alfakit, ATP 100).

Para avaliar o desenvolvimento dos organismos, biometrias foram realizadas no início e ao final do experimento. Os peixes eram anestesiados com benzocaína ($0,05$ g L⁻¹ de água) e, em seguida, medidos (cm) em ictiômetro e pesados (g) individualmente em balança eletrônica digital (precisão de $0,01$ g). Os indivíduos foram alimentados duas vezes ao dia com ração comercial com 40% PB e 12% E.E. na quantidade de aproximadamente 3% de sua biomassa. A mortalidade dos organismos foi anotada diariamente. O experimento teve duração de 42 dias.

Experimento 02

A qualidade da água e o desenvolvimento dos camarões foram avaliados em quatro tratamentos: três diferentes substratos (cascalho de concha, cascalho de rio e dolomita) e o controle, sem substrato. Para isso, foram utilizados baldes de plástico com 20 litros de água e 3kg de substrato em cada balde. A aeração foi individualizada e adequada à quantidade de peixes presentes. Para cada tratamento foram realizadas 4 réplicas. Em cada um dos 16 baldes foram colocados 27 exemplares da espécie *Macrobrachium potiuna* ($1,5\pm 0,4$ g).

Visando identificar a interferência do substrato no ambiente de cultivo, a qualidade de água foi mensurada 1 X por semana. Os parâmetros de água avaliados foram: oxigênio dissolvido, saturação, potencial de óxido-redução, temperatura, pH, alcalinidade, condutividade, amônia, nitrito, nitrato e fósforo. Para tanto foi utilizada uma sonda multiparamétrica (Hanna, 9828) e um colorímetro digital multiprocessado (Alfakit, ATP 100).

Para avaliar o desenvolvimento dos organismos, biometrias foram realizadas no início e ao final do experimento. Os camarões foram pesados (g) individualmente em balança eletrônica digital (precisão de $0,01$ g). Os indivíduos foram alimentados duas vezes ao dia com ração comercial com 40% PB e 12% E.E. na quantidade de

aproximadamente 3% de sua biomassa. A mortalidade dos organismos foi anotada diariamente. O experimento teve duração de 35 dias.

Análises estatísticas

O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado. Cada balde foi considerado como uma unidade experimental, e o valor médio das quadricatas para cada tratamento foi utilizado para as análises estatísticas. Todos os dados foram testados para normalidade e homogeneidade das variâncias. Para comparação entre os tratamentos, as médias dos parâmetros avaliados foram submetidas à análise de variância (ANOVA). Os valores expressos em porcentagem (sobrevivência) foram transformados de acordo com a fórmula: variável transformada = $\arcsen\sqrt{x}$. Em caso de diferença significativa, foi aplicado o teste de Tukey ($P < 0,05$).

RESULTADOS

No experimento com o lambari rosa não foi observada influência do substrato nos valores de oxigênio dissolvido ($6,9 \pm 0,7 \text{ mg.L}^{-1}$), saturação ($81,6 \pm 7,4\%$), potencial de óxido-redução ($268,6 \pm 41,1 \mu\text{S.cm}^3$), temperatura ($24,3 \pm 0,7^\circ\text{C}$), nitrito ($0,06 \pm 0,02 \text{ mg.L}^{-1}$) e nitrato ($0,68 \pm 0,12 \text{ mg.L}^{-1}$). Porém, foi observada diferença significativa nos resultados de pH, amônia, fósforo e alcalinidade total entre os diferentes tratamentos (Tabela 1).

Tabela 1. Valores (média \pm desvio padrão) de distintos parâmetros de qualidade de água no cultivo do lambari rosa *Astyanax bimaculatus* submetidos a diferentes substratos.

Parâmetro/Semana	Controle	Cascalho de concha	Cascalho de rio	Dolomita	
pH	1	7,56 \pm 0,44	7,45 \pm 0,28	7,64 \pm 0,26	8,07 \pm 0,37
	2	7,31 \pm 0,24	7,70 \pm 0,13	7,52 \pm 0,25	7,74 \pm 0,07
	3	7,48 \pm 0,22 ^c	7,92 \pm 0,06 ^b	7,51 \pm 0,12 ^c	8,04 \pm 0,09 ^a
	4	7,67 \pm 0,15 ^b	7,89 \pm 0,10 ^a	7,50 \pm 0,14 ^b	8,12 \pm 0,12 ^a
	5	7,34 \pm 0,16 ^b	7,89 \pm 0,12 ^a	7,29 \pm 0,26 ^b	8,03 \pm 0,16 ^a
	6	7,30 \pm 0,10 ^b	7,80 \pm 0,10 ^a	7,20 \pm 0,20 ^b	7,65 \pm 0,10 ^a
Condutividade (μScm^{-3})	1	-	-	-	-
	2	243,25 \pm 14,77 ^b	883,50 \pm 88,44 ^a	256,50 \pm 23,00 ^b	332,75 \pm 45,88 ^b
	3	307,75 \pm 69,06 ^b	933,00 \pm 94,62 ^a	302,75 \pm 37,92 ^b	427,50 \pm 71,77 ^a
	4	273,75 \pm 26,47 ^c	772,75 \pm 66,65 ^a	285,00 \pm 35,39 ^c	426,00 \pm 59,69 ^b
	5	240,00 \pm 1,63 ^c	612,75 \pm 46,61 ^a	240,50 \pm 27,11 ^c	403,00 \pm 41,74 ^b
	6	196,00 \pm 7,30 ^c	486,50 \pm 33,96 ^a	216,25 \pm 19,14 ^c	359,00 \pm 32,75 ^b
Amônia (mgL^{-1})	1	4,80 \pm 3,37 ^a	0,19 \pm 0,14 ^b	0,02 \pm 0,02 ^c	0,36 \pm 0,06 ^b
	2	0,22 \pm 0,21	0,25 \pm 0,33	0,32 \pm 0,31	0,48 \pm 0,34
	3	3,34 \pm 1,53	3,17 \pm 0,51	4,26 \pm 0,53	2,86 \pm 0,63
	4	2,90 \pm 0,03 ^a	1,16 \pm 1,02 ^b	2,42 \pm 1,02 ^a	2,41 \pm 0,21 ^a
	5	1,89 \pm 1,21 ^a	0,01 \pm 0,01 ^b	0,03 \pm 0,03 ^b	0,14 \pm 0,09 ^a
	6	0,40 \pm 0,02 ^a	0,03 \pm 0,03 ^b	0,13 \pm 0,07 ^b	0,10 \pm 0,05 ^b
Fósforo (mgL^{-1})	1	0,61 \pm 0,09 ^a	0,00 \pm 0,00 ^c	0,00 \pm 0,00 ^c	0,25 \pm 0,05 ^b
	2	1,64 \pm 0,56	1,18 \pm 0,36	1,64 \pm 0,56	1,40 \pm 0,51
	3	1,53 \pm 0,38 ^a	0,96 \pm 0,03 ^b	0,89 \pm 0,48 ^b	0,40 \pm 0,17 ^c
	4	1,85 \pm 0,59 ^a	0,60 \pm 0,03 ^b	1,44 \pm 0,56 ^b	0,63 \pm 0,25 ^a
	5	1,65 \pm 0,23 ^a	0,31 \pm 0,13 ^b	1,06 \pm 0,55 ^a	0,84 \pm 0,32 ^a
	6	2,36 \pm 0,40	1,36 \pm 0,87	2,11 \pm 0,34	1,72 \pm 0,30
Alcalinidade total ($\text{mgCaCO}_3\text{L}^{-1}$)	1	5,75 \pm 1,26 ^b	11,00 \pm 1,41 ^a	5,50 \pm 1,73 ^b	10,50 \pm 0,58 ^a
	2	6,75 \pm 1,50 ^b	19,75 \pm 9,25 ^a	7,75 \pm 1,71 ^b	24,00 \pm 0,82 ^a
	3	11,50 \pm 2,38 ^b	30,50 \pm 5,07 ^a	14,75 \pm 9,60 ^b	26,00 \pm 8,04 ^a
	4	11,00 \pm 0,82 ^b	28,50 \pm 8,35 ^a	10,00 \pm 2,94 ^b	25,75 \pm 2,87 ^a
	5	7,25 \pm 2,22 ^b	29,50 \pm 3,87 ^a	4,50 \pm 2,08 ^b	25,75 \pm 1,89 ^a
	6	7,19 \pm 0,03 ^b	29,45 \pm 3,32 ^a	3,75 \pm 1,26 ^c	24,00 \pm 1,83 ^a

¹Médias nas linhas com diferentes letras indicam diferenças significativas entre os tratamentos (P<0.05).

O desempenho produtivo dos peixes expostos a distintos substratos não apresentou diferenças significativas. A sobrevivência média foi de 90,0 \pm 5,0%, comprimento total 6,3 \pm 0,7 cm e peso total 3,1 \pm 0,8 g.

No experimento com o camarão de água doce não foi observada influência do substrato nos valores de oxigênio dissolvido (4,0 \pm 0,4 mg.L^{-1}), saturação (52,4 \pm 5,1%), potencial de óxido-redução (316,0 \pm 35,8 $\mu\text{S.cm}^3$), temperatura (28,5 \pm 1,1 $^{\circ}\text{C}$), nitrito (0,07 \pm 0,93 mg.L^{-1}) e nitrato (5,30 \pm 12,69 mg.L^{-1}). Porém, foi observada diferença significativa nos resultados de pH, condutividade, amônia, fósforo e alcalinidade total entre os diferentes tratamentos (Tabela 2).

Tabela 2. Valores (média \pm desvio padrão) de distintos parâmetros de qualidade de água no cultivo do camarão de água doce *Macrobrachium potiuna* submetidos a diferentes substratos.

Parâmetro/Semana	Controle	Cascalho de Concha	Cascalho de Rio	Dolomita	
pH	1	7,64 \pm 0,13 ^b	8,02 \pm 0,14 ^a	7,74 \pm 0,23 ^b	8,10 \pm 0,03 ^a
	2	7,62 \pm 0,16 ^b	7,91 \pm 0,08 ^b	7,78 \pm 0,16 ^b	8,15 \pm 0,01 ^a
	3	7,71 \pm 0,12 ^b	7,73 \pm 0,12 ^b	7,63 \pm 0,11 ^b	8,05 \pm 0,02
	4	7,56 \pm 0,15 ^b	7,83 \pm 0,12 ^b	7,68 \pm 0,08 ^b	8,12 \pm 0,04 ^a
	5	7,46 \pm 0,18 ^b	7,65 \pm 0,39 ^b	7,52 \pm 0,25 ^b	8,07 \pm 0,03 ^a
Condutividade (μScm^{-3})	1	210,00 \pm 2,52 ^c	283,50 \pm 21,37 ^b	215,50 \pm 8,98 ^c	314,00 \pm 6,50 ^a
	2	220,50 \pm 3,50 ^c	287,00 \pm 10,13 ^b	228,00 \pm 9,67 ^c	333,51 \pm 4,57 ^a
	3	229,50 \pm 53,68 ^c	299,00 \pm 14,71 ^b	235,50 \pm 11,34 ^c	332,00 \pm 3,37 ^a
	4	250,00 \pm 45,49 ^c	317,00 \pm 10,75 ^b	257,00 \pm 43,98 ^c	334,50 \pm 9,07 ^a
	5	247,50 \pm 49,14 ^c	325,50 \pm 5,91 ^b	261,00 \pm 13,64 ^c	354,50 \pm 8,66 ^a
Amônia (mgL^{-1})	1	0,26 \pm 0,20 ^a	0,00 \pm 0,00 ^b	0,01 \pm 0,00 ^b	0,00 \pm 0,00 ^b
	2	0,15 \pm 0,05 ^a	0,01 \pm 0,01 ^b	0,03 \pm 0,03 ^b	0,01 \pm 0,01 ^b
	3	0,56 \pm 0,27 ^b	0,68 \pm 0,08 ^a	0,00 \pm 0,01 ^c	0,00 \pm 0,01 ^c
	4	0,10 \pm 0,04 ^a	0,01 \pm 0,01 ^b	0,02 \pm 0,01 ^b	0,02 \pm 0,01 ^b
	5	0,11 \pm 0,04 ^b	0,02 \pm 0,01 ^c	0,30 \pm 0,07 ^a	0,00 \pm 0,00 ^c
Fósforo (mgL^{-1})	1	0,19 \pm 0,06	0,14 \pm 0,06	0,20 \pm 0,06	0,16 \pm 0,05
	2	0,25 \pm 0,13 ^a	0,20 \pm 0,02 ^a	0,14 \pm 0,02 ^b	0,14 \pm 0,06 ^a
	3	0,15 \pm 0,08 ^a	0,07 \pm 0,03 ^b	0,18 \pm 0,03 ^a	0,20 \pm 0,07 ^a
	4	0,15 \pm 0,08 ^a	0,04 \pm 0,01 ^b	0,19 \pm 0,03 ^a	0,17 \pm 0,03 ^a
	5	0,19 \pm 0,08 ^a	0,08 \pm 0,05 ^b	0,16 \pm 0,07 ^a	0,16 \pm 0,02 ^a
Alcalinidade Total ($\text{mgCaCO}_3\text{L}^{-1}$)	1	9,50 \pm 2,16 ^b	19,50 \pm 0,96 ^a	8,50 \pm 2,87 ^b	23,00 \pm 3,77 ^a
	2	12,50 \pm 2,08 ^c	26,00 \pm 1,83 ^b	12,50 \pm 2,08 ^c	31,00 \pm 3,42 ^a
	3	15,00 \pm 6,38 ^b	20,00 \pm 0,50 ^b	9,00 \pm 1,83 ^c	26,50 \pm 4,08 ^a
	4	7,50 \pm 1,29 ^b	20,05 \pm 4,08 ^a	9,00 \pm 0,50 ^b	26,5 \pm 2,45 ^a
	5	7,50 \pm 1,96 ^c	17,50 \pm 6,08 ^b	9,00 \pm 2,06 ^c	27,50 \pm 2,48 ^a

¹Médias nas linhas com diferentes letras indicam diferenças significativas entre os tratamentos ($P < 0.05$).

O desempenho produtivo dos camarões expostos a distintos substratos apresentou diferenças significativas. A sobrevivência e o peso final dos camarões do tratamento controle foi significativamente inferior nos demais tratamentos que não diferiram entre si. (figura 1 e 2).

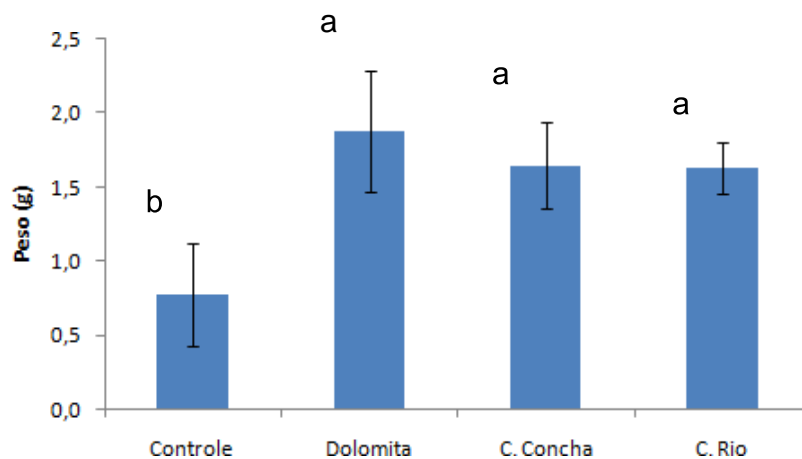


Figura 1. Peso final do camarão de água doce *Macrobrachium potiuna* em diferentes substratos.

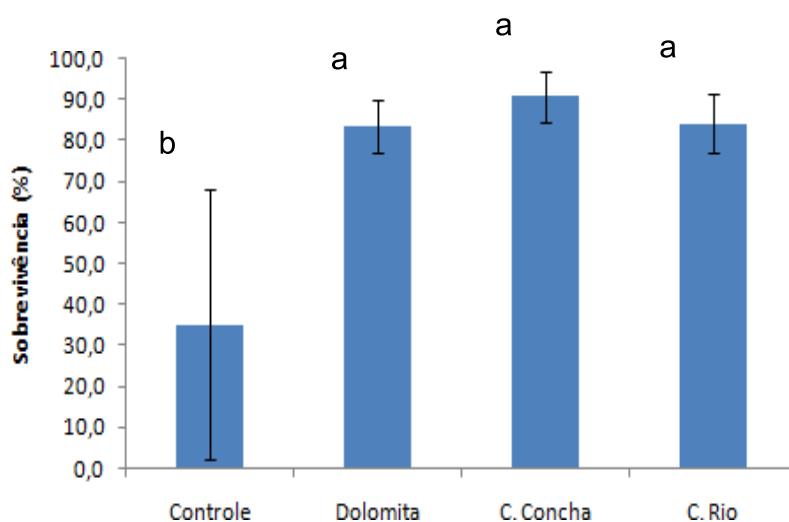


Figura 2. Sobrevivência do camarão de água doce *Macrobrachium potiuna* em diferentes substratos.

DISCUSSÃO

O curto período experimental não possibilitou aos peixes expressarem diferenças significativas nos parâmetros de crescimento. Entretanto, os camarões apresentaram peso final e sobrevivência significativamente superiores quando na presença de substratos. A literatura demonstra que o substrato pode exercer significativa influência no

desempenho de organismos aquáticos. A sobrevivência e o desempenho produtivo do camarão do pacífico *Litopenaeus vannamei* foi incrementada com a utilização de substratos (Zhang et al., 2010). Estes autores associaram estes melhores resultados devido a redução do canibalismo. O tipo de substrato pode influenciar a adaptação da espécie (Green et al., 2018). Avaliando diferentes substratos (areia, cascalho e areia com pedras) na preferência de gobídeos, Prenda et al. (1997) observaram que as espécies mantinham maior tempo de permanência no substrato de areia e pedras. Os autores consideram que este substrato apresentava maior semelhança com o habitat original das espécies. A preferência por distintos substratos também foi observada com outra espécie de gobídeo. O neon goby *Elacatinus figaro* apresentou preferência por substratos calcários (Meurer et al., 2017). Cabe destacar que gobídeos, assim como crustáceos, apresentam estreita dependência do substrato. Neste sentido, considerando que os lambaris rosa, contrariamente aos camarões de água doce, são espécies que apresentam pouca relação com o substrato, foi possível observar que a presença ou ausência de substrato não influenciou o desempenho da espécie. Entretanto, no caso dos camarões, a ausência de substrato provocou uma significativa piora no desempenho. Considerando a dependência do organismo aquático pelo substrato, estudos demonstraram que a preferência por determinados tipos está relacionada também ao menor dispêndio de energia. O tipo de substrato influenciou a movimentação da estrela do mar *Acanthaster solaris* que apresentou maior adaptação ao substrato de areia (Pratchett et al., 2017). No caso do camarão de água doce a maior dependência do substrato comparativamente ao lambari rosa, pode explicar os melhores resultados produtivos pela melhor condição ambiental proporcionada pelos substratos.

A coloração do substrato também pode influenciar o desempenho produtivo dos organismos aquáticos. Avaliando substratos de areia com diferentes colorações (azul, amarelo, verde e vermelho) no desempenho produtivo do camarão branco *Litopenaeus vannamei*, Luchiarri et al. (2012), concluíram que os ambientes com coloração vermelha e amarela melhoraram a acuidade visual e a detecção de alimento pelo camarão branco *Litopenaeus vannamei* e, portanto, influenciaram positivamente no desempenho produtivo da espécie. Contrariamente a estes resultados, no presente estudo os substratos apresentavam coloração branca (com exceção do cascalho de rio, de cor amarela), não sendo observada melhora no desempenho dos camarões relacionado à coloração do substrato.

Substratos com composição calcária podem elevar o pH, a alcalinidade e a condutividade da água contribuindo no efeito tampão do equilíbrio ácido-base da água

(Pedreira e Ribeiro, 2008, Fritzsos et al., 2009). O substrato de dolomita apresenta em sua composição química elevadas concentrações de cálcio e magnésio (Gabellone e Whitaker, 2016). Neste trabalho foi observado que tanto a dolomita como o cascalho de conchas interferiram em parâmetros que apresentam relação com o equilíbrio ácido-base da água e a disponibilidade de cálcio e magnésio. A disponibilização de cálcio e magnésio na água provocou alterações significativas no pH e na alcalinidade total. Por terem maior disponibilidade iônica, estes mesmos substratos elevaram a condutividade da água. Neste sentido, a eficiência do tamponamento da água pôde ser confirmada pelos valores de pH superiores a 7,0 nos tratamentos com dolomita e cascalho de conchas.

A alcalinidade está diretamente ligada à capacidade da água em manter seu equilíbrio ácido-básico (poder tampão). Os íons bicarbonato (HCO_3) e carbonatos (CO_3) são os maiores responsáveis pela alcalinidade da água. Águas com alcalinidade inferior a 20 mg CaCO_3/L apresentam reduzido poder tampão, sendo observado flutuação intensa do pH em função dos processos fotossintéticos e respiratórios (Kubitza, 2003).

A literatura reporta que para se manter o equilíbrio iônico da água é necessário incluir alguma fonte de carbonatos (Fatherre, 2011). Neste sentido os substratos a base de carbonatos (cascalho de concha ou dolomita) foram eficientes na disponibilização de cálcio e magnésio no ambiente aquícola, não apresentando diferenças significativas entre si. Entretanto substratos sem carbonatos (cascalho de rio) exibiram neutralidade em relação à alteração dos parâmetros de qualidade de água. Uma alternativa à utilização de substratos calcários reside na adição de compostos alcalinizantes na água. Em sistemas fechados de criação de organismos aquáticos, devido à acidificação provocada pelo gás carbônico e ao consumo das reservas alcalinas, é realizada periodicamente a suplementação com bicarbonato de sódio para estabilizar o pH e manter elevada a alcalinidade (Blancheton, 2000). Esta prática, entretanto, provoca mudanças abruptas nos parâmetros da água e pode causar mortalidade nos organismos aquáticos.

A condutividade está diretamente relacionada com os íons cálcio, magnésio, sódio, potássio, carbonatos, sulfatos e cloretos (Shefer, 1985). Os tratamentos com substratos calcários apresentaram valores significativamente superiores para condutividade, indicando a influência dos carbonatos. Estes substratos demonstraram uma elevada capacidade em disponibilizar íons carbonato para a água ao longo de todo o período experimental.

A amônia é um metabólito proveniente da excreção nitrogenada dos peixes e camarões, bem como da decomposição microbiana de resíduos orgânicos (restos de alimento e fezes) (Kubitza, 2003). Substratos podem influenciar nos processos de

mineralização da matéria orgânica, bem como na disponibilidade de nutrientes (amônia, nitrito, nitrato e fósforo) (Gosselin et al., 2018). As partículas do substrato podem alojar colônias bacterianas, atuando como elemento filtrante com função mecânica e biológica. Pungrasmi et al. (2013) comprovaram que o substrato pode atuar influenciando nos níveis de compostos nitrogenados. Estes autores observaram redução significativa no teor de amônia, nitrito e nitrato por influência do substrato. Portanto, substratos podem ser utilizados como biofiltros visando a nitrificação dos compostos nitrogenados (Wheaton et al., 1991).

Concentrações de amônia superiores a 0,1 mg/L reduzem o crescimento de camarões peneídeos (Kubitza, 2003). A toxicidade da amônia está fortemente correlacionada com o pH e com a temperatura. Quando maior for o pH, maior será a porcentagem de amônia não ionizada (NH_3), que é altamente tóxica. Temperaturas mais elevadas e baixas concentrações de oxigênio dissolvido aumentam a toxicidade da amônia (Boyd, 1990). Neste estudo ocorreram concentrações de amônia elevadas nas primeiras semanas, que poderiam ser agravadas devido ao pH mais elevado nos substratos calcários (dolomita e cascalho de conchas), mas não foram observadas mortalidades decorrentes desta condição. Acreditamos que isto tenha ocorrido devido a maior rusticidade dos organismos aquáticos e ao processo de colonização bacteriana nos substratos na fase inicial dos experimentos e a conseqüente melhoria do processamento da amônia nas semanas seguintes. Por outro lado, a ausência de substrato dificultou o estabelecimento de comunidades bacterianas que pudessem realizar a nitrificação e a mineralização da matéria orgânica, decorrentes disto os valores mais elevados de amônia no tratamento sem substrato.

As concentrações de fósforo permaneceram significativamente mais baixas nos tratamentos com substratos calcários. Isto pode ser explicado devido a ambientes aquáticos com elevada concentração de cálcio e pH elevado possibilitam a ligação com o fósforo formando fosfato de cálcio que se precipita no fundo, reduzindo a disponibilidade de fósforo livre. Cabe ressaltar que em sistemas de produção de organismos aquáticos, a maior fonte de introdução de fósforo recai sobre as rações.

CONCLUSÃO

Os substratos calcários (dolomita e cascalho de conchas) interferiram na qualidade da água. Entretanto a presença de substratos não proporcionaram melhora no desempenho produtivo do lambari, diferentemente do camarão que teve seu desempenho

afetado pela presença de substratos. Substratos calcários podem contribuir em uma melhor qualidade de água para criação de organismos aquáticos.

REFERÊNCIAS

- Al-Asheh, S., Qdais, H.A., Alquraishi, A., Husain, O., Sadoon, I. 2016. Physico-chemical characterization of an artificial pond to control the eutrophication process: a case study. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*, 3: 27-40.
- Antunes, L.S., Oshiro, L.M.Y. 2004. Aspectos reprodutivos do camarão de água doce *Macrobrachium potiuna* (Muller) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) na Serra do Piloto, Mangaratiba, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, 21: 261-266.
- Badiola, M., Mendiola, D., Bostock, J. 2012. Recirculating Aquaculture Systems (RAS) analysis: Main issues on management and future challenges. *Aquacultural Engineering*, 51: 26-35.
- Blancheton, J.P. 2000. Developments in recirculation systems for Mediterranean fish species. *Aquacultural Engineering*, 22: 17-31.
- Boyd, C.E. 1990. Water quality in ponds for aquaculture. Auburn: Auburn University Experimental Station.
- Boyd, C.E., Tucker, C.S., Somridhivej, B. 2016. Alkalinity and hardness: critical but elusive concepts in aquaculture. *Journal of the World Aquaculture Society*, 47: 6-41.
- Fatherree, J.W. 2011. Aquarium chemistry: calcite, aragonite, limestone, and more. *Advanced Aquarist*, 10: 1-19.
- Fritzons, E., Mantobani, L.E., Neto, E.C. 2009. A influência das atividades mineradoras na alteração do pH e da alcalinidade em águas fluviais: o exemplo do rio Capivari, região do carste paranaense. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 14: 381-390.
- Gabellone, T., Whitaker, F. 2016. Secular variations in seawater chemistry controlling dolomitization in shallow reflux systems: insights from reactive transport modelling. *Sedimentology*, 63: 1233-1259. <https://doi.org/10.1111/sed.12259>
- Gosselin, J.R., Haller, W.T., Gettys, L.A., Griffin, T., Crawford, E.S. 2018. Effects of substrate nutrients on growth of three submersed aquatic plants. *Journal Aquatic Plant Manage*, 56: 39-46.
- Green, T.J., Wolfenden, D.C.C., Sneddon, L.U. 2018. An investigation on the impact of substrate type, temperature, and iodine on moon jellyfish production. *Zoobiology*, 2: 1-6. <https://doi.org/10.1002/zoo.21454>

- Henriques, M.B., Fagundes, L., Petesse, M.L., Silva, N.J.R., Rezende, K.F.O., Barbieri, E. 2018. Lambari fish *Deuterodon iguape* as an alternative to live bait for estuarine recreational fishing. *Fisheries Management and Ecology*, 25: 400-407.
- Jatobá, A., Silva, B.C. 2014. Densidade de estocagem na produção de juvenis de duas espécies de lambaris em sistema de recirculação. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 67: 1469-1474.
- Kubitza, F. 2003. Qualidade da água no cultivo de peixes e camarões. ESALQ, Jundiaí.
- Lima, E.A.C., Oshiro, L.M.Y. 2000. Distribuição, abundância e biologia reprodutiva de *Macrobrachium potiuna* (Müller, 1880) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) do rio Paraíba do Sul, RJ. *Acta Biologica Leopoldensia*, 22: 67-77.
- Luchiari, A.C., Marques, A.O., Freire, F.A.N. 2012. Effects of substrate colour preference on growth of the shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) (Decapoda, Penaeoidea). *Crustaceana*, 85: 789-800. [https://doi.org/ 10.1163/156854012X650232](https://doi.org/10.1163/156854012X650232)
- Meurer, B.C., Pereira, O.A.F.C., Macieira, J.C. 2017. Preferência de substrato do peixe-limpador *Elacatinus figaro* (Sazima, Moura & Rosa, 1997) na Ilha Grande, Angra dos Reis, RJ. *Revista Pensar - BioUSU*, 3: 33-43.
- Molisani, M.M., Do Monte, T.M., Vasconcellos, G.H., De Souza Barroso, H., Moreira, M.O.P., Becker, H., Rezende, C.E., Franco, M.A.L., Farias, E.G.G., De Camargo, P.B. 2015. Relative effects of nutrient emission from intensive cage aquaculture on the semiarid reservoir water quality. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187: 707-712.
- Müller, Y.M.R., Carpes, S. 1991. *Macrobrachium potiuna* (Müller): aspectos do ciclo reprodutivo e sua relação com parâmetros ambientais (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). *Revista Brasileira de Zoologia*, 8: 23-30.
- Olsen, A.Y., Smith, A., Larson, S. 2018. A temporal analysis of water quality variability at the Seattle Aquarium in Elliott Bay, Puget Sound, WA. In: Matjaž, G. *Water Challenges of an Urbanizing World*. InTech Open. p. 55-69.
- Pedreira, M.M., Ribeiro, S.J. 2008. Efeito de um tipo de biofiltro na larvicultura de Pacamã *Lophiosilurus alexandri* (Siluriformes). *Agropecuária Técnica*, 29: 1-2.
- Pratchett, M.S., Cowan, Z.L., Nadler, L.E., Caballes, C.F., Hoey, A.S., Messmer, V., Fletcher, C.S., Westcott, D.A., Ling, S.D. 2017. Body size and substrate type modulate movement by the western Pacific crown-of-thorns starfish, *Acanthaster solaris*. *PLoS ONE* 12(9): e0180805. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180805>
- Prenda, J., Rossomanno, S., Armitage, P.D. 1997. Species interactions and substrate preferences in three small benthic fishes. *Limnetica*, 13: 47-53.

- Pungrasmi, W., Playchoom, C., Powtongsook, S. 2013. Optimization and evaluation of a bottom substrate denitrification tank for nitrate removal from a recirculating aquaculture system. *Journal of Environmental Sciences*, 25: 1557–1564. [https://doi.org/ 10.1016/S1001-0742\(12\)60248-4](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(12)60248-4)
- Sanches, E.G., Oliveira, I.R., Serralheiro, P.C.S., Ostini, S. 2011. Cultivo do robalo-peva, *Centropomus parallelus*, em sistema de recirculação marinho. *Arquivos de Ciências do Mar*, 44: 40-46.
- Shefer, A. 1985. Fundamentos de ecologia e biogeografia das águas continentais. Editora da Universidade: Porto Alegre. 532p.
- Summerfelt, S.T., Zühlke, A., Kolarevic, J., Reiten, B.K.M., Selset, R., Gutierrez, X., Terjesen, B.F. 2015. Effects of alkalinity on ammonia removal, carbon dioxide stripping, and system pH in semi-commercial scale water recirculating aquaculture systems operated with moving bed bioreactors. *Aquacultural Engineering*, 65: 46-54.
- Valladão, G.M.R., Gallani, S.U., Pilarski, F. 2016. South American fish for continental aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 10: 1-19.
- Wheaton, F., Hochheimeir, J., Kaiser, G.E. Fixed film nitrification filters for aquaculture. in D.E. Brune and J.R. Tomasso, editors. *Aquaculture and water quality*. The World Aquaculture Society, Louisiana, USA, p.272-303, 1991.
- Zhang, B., Lin, W., Huang, J., Wang, Y., Xu, R. 2010. Effects of artificial substrates on the growth, survival and spatial distribution of *Litopenaeus vannamei* in the intensive culture condition. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*, 9: 293-304.

Considerações Finais

A composição química dos substratos demonstrou que pode alterar a qualidade da água. Isto pode ser estratégico para finalidades específicas, como montagem de sistemas para produção de espécies que demandem necessidades específicas de qualidade de água como ciclídeos africanos e peixes marinhos. Por outro lado, substratos neutros evitam alterações nos parâmetros de qualidade da água, o que pode beneficiar espécies que necessitam de água com baixos teores de íons (ciclídeos e caracídeos amazônicos). A par de muito utilizado em sistemas de produção, a ausência de substrato pode trazer problemas aos organismos aquáticos, notadamente na ciclagem dos compostos nitrogenados e nos maiores índices de amônia.

Independente de não demonstrarem diferenças significativas, a dolomita devido a sua origem (extração mineral) deve receber preferência, evitando a utilização do cascalho de conchas pelos impactos ambientais que a remoção deste material pode causar ao ambiente marinho.

Ainda são necessárias muitas pesquisas para compreender melhor como os substratos podem interferir no desempenho dos organismos aquáticos, mas acreditamos que muitas perguntas deverão surgir a partir deste trabalho. Existem muitos materiais que podem ser estudados como opções de substratos, possibilitando inovação e geração de novos produtos. Em paralelo, a seleção adequada de substratos pode contribuir para proporcionar aos organismos aquáticos cultivados melhores condições, reduzindo a mortalidade e ampliando a viabilidade econômica dos empreendimentos aquícolas.