

ALICE MENDONÇA OLIVEIRA MOURA LIMA

Avaliação da tolerância térmica de um camarão nativo e um camarão de potencial bioinvasor

São Vicente – SP

2024

ALICE MENDONÇA OLIVEIRA MOURA LIMA

Avaliação da tolerância térmica de um camarão nativo e um camarão de potencial bioinvasor

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Câmpus do Litoral Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do Grau de bacharel em Ciências Biológicas, com habilitação em Biologia Marinha.

Orientador(a): Prof^a Dr^a Tânia Marcia Costa

Coorientador (a): Dr^o Caio Akira Miyai; Dr^o Alexandre Luiz Arvigo

São Vicente – SP

2024

L732a

Lima, Alice

Avaliação da tolerância térmica de um camarão nativo e um camarão de potencial bioinvasor / Alice Lima. -- São Vicente, 2024
26 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Ciências
Biológicas) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de
Biociências, São Vicente

Orientadora: Tânia Marcia Costa

Coorientador: Caio Akira Miyai

1. Mudanças Climáticas. 2. Plasticidade Térmica. 3. Polígono
Térmico. 4. Temperatura de Aclimação. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

Resumo

Potimirim potimirim é um camarão de riachos da mata atlântica que exerce papel fundamental na ciclagem de nutrientes e ressuspensão de sedimento. Já o camarão *Neocaridina davidi*, é muito popular na aquariofilia, sendo considerado invasor em diversos países como Polônia, Alemanha e Japão. Sua dispersão indevida gera problemas, pois ocupam o nicho de espécies nativas, causando perda de biodiversidade. O presente estudo avaliou limites de tolerância térmica do camarão nativo (*Potimirim potimirim*) e do camarão com alto potencial invasor (*Neocaridina davidi*) no inverno e verão. Para definir o polígono térmico, ambas espécies foram aclimatadas por 21 dias em três temperaturas: 21°C, 24°C e 27°, passaram por teste de temperatura crítica máxima (CTMax) e mínima (CTMin), ocorrendo um experimento no verão e outro no inverno. A rampa térmica alterou 1°C /4 minutos e o endpoint definido foi a perda de resposta ao endireitamento. *Neocaridina davidi* apresentou maior tolerância em todas as temperaturas de aclimação e maior área de polígono térmico. Quanto à comparação de estação, não houve diferença significativa para *N. davidi*. Ao compararmos o endpoint de *P. potimirim*, não observamos diferença entre estações no CTMin em 21°C e no CTMax em 27°C. Isso sugere que o limite térmico mínimo e máximo da espécie, dentro das aclimações testadas, foi atingido durante o experimento, independente das estações. *P. potimirim* apresentou maiores valores de razão de resposta de aclimação, enquanto *N. davidi* atingiu maiores temperaturas, o que corrobora com a hipótese trade-off, onde espécies que possuem maior tolerância a altas temperaturas, terão menor plasticidade térmica. Embora ambas as espécies possam sobrepor nichos térmicos, existirá uma competição por recursos, além de que *N. davidi* possui vantagem reprodutiva e térmica em eventos extremos, o que pode se tornar um fator a mais de estresse.

Palavras-chave: Mudanças Climáticas; Plasticidade Térmica; Polígono Térmico; Temperatura de Aclimação

1. Introdução ao projeto

A bioinvasão, definida por Carlton (1989) como “chegada, estabelecimento e posterior difusão de espécies em uma comunidade na qual não existiam anteriormente no tempo histórico”, persiste atualmente como uma grande preocupação ecológica, podendo gerar diversos impactos ao ecossistema, sendo uma das principais causas de perda de biodiversidade (Sampaio & Schmidt, 2013). Espécies invasoras podem ser consideradas “poluentes biológicos” (Souza, Calazans & Silva, 2009), já que podem gerar estresse devido à pressão predatória ou competitiva (Hulme, 2017), causar alteração da estrutura da comunidade (Parker, *et al.* 1999; Martin, Valentine & Valentine, 2010) e trazer potenciais riscos de patógenos que a biota local não possui adaptações para combatê-los (Tavares & Mendonça Jr, 2004).

Mudanças no clima podem potencializar a colonização de espécies não nativas (Hellmann, *et al.* 2008), visto que essas alterações podem interagir com diversos fatores do ambiente, intensificando estresses que podem afetar a distribuição, propagação e abundância de espécies invasoras (Gritti, Smith & Sykes, 2006). Com o aquecimento de rios e lagos, animais adaptados a águas mais frias passarão a viver em condições menos favoráveis, enquanto espécies invasoras podem encontrar novos locais com condições térmicas adequadas para estabelecerem populações (Sharma, *et al.* 2007; Rahel & Olden, 2008).

Ecossistemas que evoluíram em condições estáveis por um longo tempo, como habitats tropicais, estão especialmente em risco. As espécies dessas regiões são mais vulneráveis devido sua capacidade de aclimação limitada e assim vivem mais perto de seus limites térmicos (Madeira, *et al.* 2012; Tewksbury, Huey & Deutsch, 2008). A mudança da temperatura pode afetar fortemente o balanço energético de um organismo devido à energia adicional necessária para recuperar e manter a homeostase, gerando estresse no animal (Sokolova, *et al.* 2012). A reação comportamental, fisiológica e até mesmo a distribuição dos animais, respondem à temperatura do ambiente de forma muito individual (Baliña, *et al.* 2018; De Grande, *et al.* 2021). Estudos já abordam a importância de pesquisas sobre tolerância térmica, dada como a faixa de temperatura ótima ou sub-ótima para a sobrevivência de determinada espécie. Quando os valores ultrapassam estes limites, tanto para menos quanto para mais, o organismo é prejudicado e sua sobrevivência passa a ser comprometida (Yanar, Erdogan & Kumlu, 2019).

Riachos de Mata Atlântica são ecossistemas tropicais com uma grande variedade de fauna e estrutura trófica balanceada (Lyons, *et al.* 1995), apesar da grande biodiversidade, ainda se trata de um ambiente com conhecimento escasso (Tomanova, Goitia & Helešić, 2006). A heterogeneidade desses sistemas pode ser influenciada por diversos fatores, como abióticos e bióticos (Winemiller, Flecker & Hoeinghaus, 2010). Devido a esses fatores, esses ecossistemas são sensíveis a ações antrópicas como construções de barragens e desvios para canalização, alterando a quantidade de água e fluxo de calor (Hester & Doyle, 2011). Alterações térmicas impostas a um corpo hídrico atuam diretamente na estrutura das comunidades biológicas e processos ecossistêmicos, assim é de grande importância os estudos sobre o regime térmico de águas correntes e como a temperatura influencia na vida de organismos aquáticos, (Fantin-Cruz, *et al.* 2010).

Dentre os organismos que habitam riachos tropicais podemos citar os macroinvertebrados bentônicos que são bioindicadores da qualidade da água e essenciais para a dinâmica de nutrientes e transformação de matéria orgânica (Callisto, Moretti & Goulart, 2001), além de apresentarem grande diversidade taxonômica (Hussain & Pandit, 2012) e variedade de funções ecológicas (Ferreira, *et al.* 2017). Os animais ectotérmicos, que não regulam sua temperatura corporal, são mais vulneráveis a mudanças no regime térmico (Huey, *et al.* 2012), já que o efeito da temperatura do ambiente altera a velocidade das reações orgânicas, limitando o desenvolvimento e sobrevivência, afetando a homeostase desses seres (Hutchison & Dupre, 1992; Fantin-Cruz, *et al.* 2010). Ainda sobre estes animais, temos duas hipóteses principais sobre plasticidade de tolerância térmica. A primeira é a hipótese latitudinal que indica que conforme há o aumento da sazonalidade térmica, isto é, de áreas equatoriais para polares, há também um aumento na plasticidade térmica (Gunderson & Stillman, 2015). Já a segunda é a hipótese trade-off na qual diz que espécies com maior tolerância a altas temperaturas possuem menor plasticidade térmica (Gunderson & Stillman, 2015).

Os crustáceos constituem um grupo de invertebrados com valor biológico informativo sobre a qualidade dos corpos d'água (Bond-Buckup, 2003) e são membros importantes de comunidades bentônicas (De Melo, 2016). Alguns grupos vêm ganhando destaque em estudos, como os caranguejos (Magalhães, 2003), os amphipodas (Bond-Buckup, 2003) e os camarões de água doce (Melo, 2003). O gênero *Potimirim* (Holthuis, 1954), está presente na fauna brasileira com duas espécies nativas de camarão, sendo elas *Potimirim brasiliiana* e *Potimirim potimirim* (Müller, 1881; Crustacea, Decapoda,

Atyidae) (Lima, Silveira & Oshiro, 2006). São comuns em rios e riachos litorâneos (Torati & Mantelatto, 2012), encontrados sob a vegetação marginal ou em micro-habitat com a presença de seixos, areia e correnteza (Rocha, 2010). A distribuição de *P. potimirim* é ampla, sendo presente em riachos litorâneos de Pernambuco, Alagoas, Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo e Santa Catarina (Lima, Silveira & Oshiro, 2006).

Do ponto de vista ecológico, *P. potimirim* é de extrema importância para o ambiente, se alimentando de detritos orgânicos no substrato, exercem um papel fundamental na renovação e ressuspensão de sedimentos (De Souza & Moulton, 2005), na remoção de matéria bentônica, como perifíton (Moulton, *et al.* 2004), e na reciclagem de nutrientes através do processamento detrítico de folhas do ambiente (Crowl, *et al.* 2001). Apesar da enorme importância ecológica que a espécie representa nesses ambientes límnicos, faltam estudos sobre seu ciclo de vida e desenvolvimento larval (Mantelatto, *et al.* 2021), com pesquisas restritas à distribuição (Lima & Oshiro, 2002), comportamento e análise histológica (Costa, 2020).

O camarão *Neocaridina davidi* (Bouvier, 1904), também da família Atyidae, é uma espécie de tamanho e hábitos semelhantes ao *P. potimirim*, atingindo até 3 centímetros de comprimento, possui comportamento sociável, são detritívoros e considerados de fácil cultivo (Vazquez, *et al.* 2017; Pantaleão, *et al.* 2015a). Estudos prévios mostram que estes animais suportam uma ampla faixa de temperatura, no qual o intervalo entre 20° e 28°C não influencia no crescimento, qualidade de espermátóforos ou coloração corporal (Tomas, *et al.* 2021). De acordo com Baliña, *et al.* (2018), sua reprodução só começa a ser afetada negativamente acima de 33°C, quando há uma inibição da maturação ovariana e desova precoce dos camarões devido à falta de nutrientes nos oócitos, mas ainda assim não há registros de mortalidade devido à temperatura, entre 24° a 32°C (Tropea, Stumpf & Greco, 2015). Apesar de serem naturais de águas tropicais de Taiwan (Plichta, *et al.* 2021), já foram encontrados em outras localidades distantes como bioinvasores na Polônia (Jablonska, *et al.* 2018), na Alemanha (Klotz, *et al.* 2013) e em rios do oeste do Japão (Mitsugi & Suzuki, 2018). Estima-se que esta bioinvasão tenha se tornado possível devido principalmente ao comércio de animais ornamentais para o aquarismo e à mudança na temperatura da água, o que o torna um risco ambiental, afinal ainda não se sabe os efeitos que a introdução desta espécie traz para a fauna nativa (Suen & Gillett-Kaufman, 2021).

O uso ornamental do *Neocaridina davidi* vem ganhando força na América do Sul, principalmente na Argentina e no Brasil (Pantaleão, *et al.* 2015b), e é cada vez mais

comum o comércio e o cultivo deste crustáceo no país, o que aumenta também a chance do descarte indevido dos animais e potencializa a bioinvasão na fauna local. Com a perspectiva de mudanças do clima, a ocorrência de eventos extremos pode se tornar mais frequentes e intensos, alterando os fatores estruturantes de águas correntes como a temperatura (Ledger & Milner, 2015). Portanto, estudos de tolerância térmica são fundamentais para avaliação dos limites térmicos letais, a fim de conhecer a temperatura extrema onde uma espécie é capaz de sobreviver (Azra, *et al.* 2020; Abol-Munafi & Azra, 2018). Assim, determinar os valores de tolerância térmica da espécie nativa, *Potimirim potimirim*, é essencial para compreensão do potencial de sobrevivência deste camarão. Da mesma forma, informações básicas sobre a biologia térmica da espécie invasora em potencial, *Neocaridina davidi*, são de suma importância, especialmente numa possível situação de competição interespecífica.

2. Objetivos

O projeto teve como objetivo avaliar os limites de tolerância térmica de duas espécies de camarão sendo uma nativa (*Potimirim potimirim*) e outra invasora em potencial (*Neocaridina davidi*).

2.1 Objetivos específicos

- a. Definir o polígono térmico de ambas as espécies em três temperaturas de aclimação.
- b. Calcular a razão de resposta de aclimação de ambas as espécies.

3. Material e Métodos

3.1 *Potimirim potimirim*

Ao todo 3 coletas foram realizadas, em agosto de 2023, para o experimento I de inverno que acabou não tendo sucesso, em setembro de 2023, para experimento II de inverno e janeiro de 2024 para o experimento de verão. As coletas foram realizadas no Rio Jacupiranga, localizado no município Pariquera-Açu, em São Paulo (24°36'31.0"S 47°44'48.4"W) (Figura 1). Os animais foram capturados com peneira de pedreiro de malha 3 mm, a partir de movimentos verticais perto da margem onde há presença de raízes ou macrófitas (Figura 2). Pós captura os animais foram armazenados em baldes com a mesma água do local da coleta e transportados com aeração constante até o laboratório onde foi realizado o experimento.

Em laboratório os animais foram identificados pelo rostro, medidos e separados para os respectivos tratamentos. Aproximadamente 50 animais foram acondicionados em cada aquário (dimensão 20x20x20 cm, volume total 8 litros, densidade de aproximadamente 6 camarões por litro) e expostos às diferentes temperaturas de aclimações em câmara de germinação do tipo B.O.D.

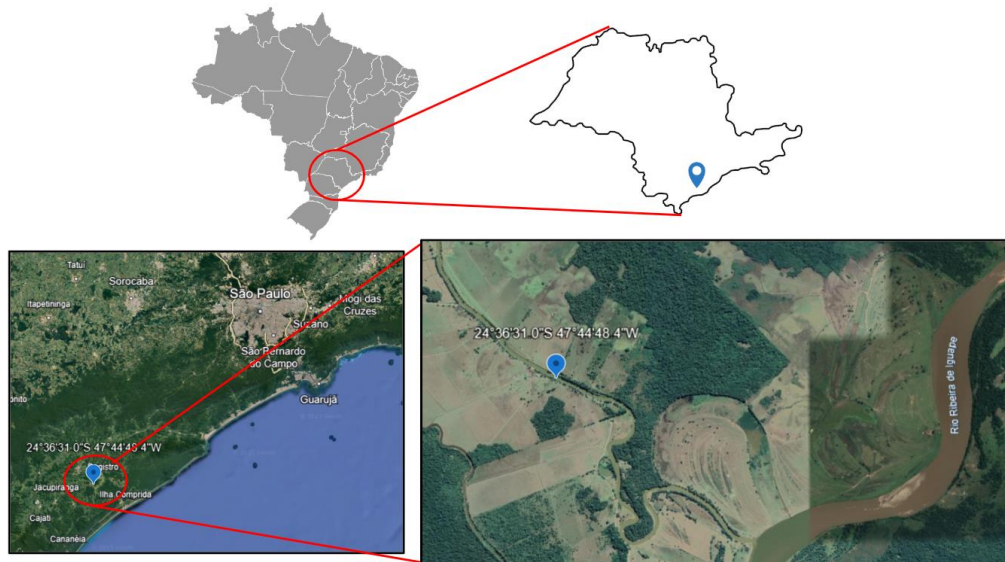


Figura 1: Rio Jacupiranga (24°36'31.0"S 47°44'48.4"W), Pariquera-Açu, SP. Imagem de satélite do local da coleta indicado pelo ponto azul no mapa.



Figura 2: Coleta na margem do Rio Jacupiranga. Coletores passando peneira nas margens para coleta de *Potimirim potimirim*.

3.2 *Neocaridina davidi*

Exemplares do tipo *wild type* (Figura 3), foram mantidos em aquários de 20 litros (40 x 20 x 25 cm) com filtro externo, fotoperíodo 12h claro: 12h escuro, pH 7,2, temperatura de $21 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$, e posteriormente separados de forma aleatória a partir dos estoques do laboratório. Os camarões foram acondicionados em aquários (dimensão 20x20x20 cm, volume total 8 litros, densidade de aproximadamente 6 camarões por litro) e mantidos em câmara de germinação para início do tempo de aclimação e experimento.

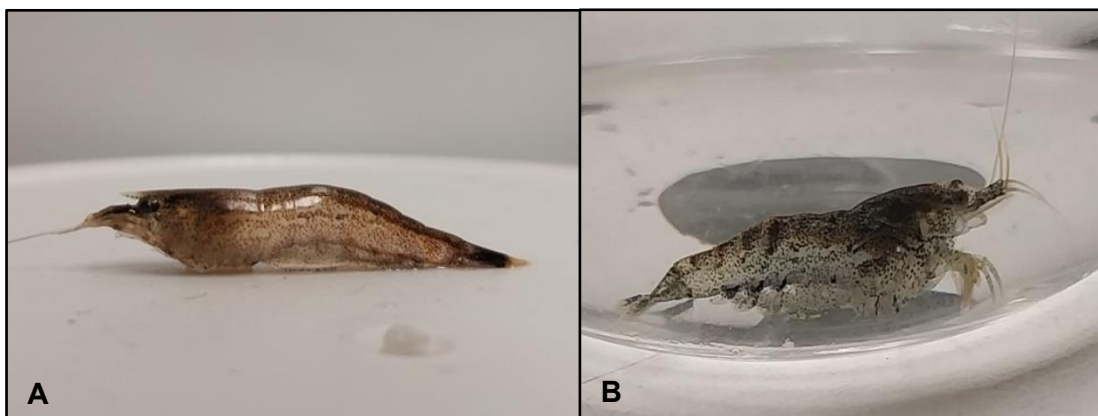


Figura 3: A. Exemplar de *Potimirim potimirim*. B. Exemplar de *Neocaridina davidi* (variação *Wild type*).

3.3 Manutenção durante Aclimação

A partir do dia da coleta os camarões de ambas as espécies foram mantidos em três câmaras de germinação, todas com temperatura controlada de 21°C para o inverno (temperatura de coleta 20.8°C), e 27°C para o verão (temperatura de coleta 26.8°C) por 7 dias (Figura 4), com monitoramento diário de temperatura. Após tal período, para o experimento de inverno uma câmara se manteve a 21°C e começou a contagem de 21 dias, a segunda teve sua temperatura aumentada em 1°C por dia por 3 dias até atingir 24°C , e a terceira também teve a temperatura aumentada em 1°C por dia durante 6 dias até atingir 27°C . E para o experimento de verão o oposto aconteceu, começando a temperatura em 27°C e diminuindo 1°C por dia até atingirmos as temperaturas desejadas.

Todos os aquários continham um filtro de esponja e mídia biológica, foram expostos a fotoperíodo 12 horas claro e 12 horas escuro, alimentação com ração Sano S-PAK (marca INVE) em excesso 1x ao dia e musgo de Java (*Vesicularia* sp.) para servir de refúgio. A troca parcial de 1/5 do volume do aquário (1,5L) foi realizada diariamente para evitar picos de amônia, parâmetro que foi monitorado em dias alternados. Todo resto

de alimentos e fezes encontrados foram sifonados do aquário durante a troca parcial diária e a limpeza dos filtros foi realizada uma vez por semana.



Figura 4: Aclimação em câmara de germinação com aquário de *Neocaridina davidi* na parte superior e *Potimirim potimirim* na parte inferior.

3.4 Experimento de Tolerância Térmica

Após 21 dias de aclimação na temperatura desejada (21°C, 24°C e 27°C) os animais passaram pelo teste de tolerância térmica, onde a temperatura aumentou (temperatura crítica máxima) ou diminuiu (temperatura crítica mínima) numa frequência de 0,5°C a cada dois minutos. Os animais foram acondicionados em béqueres de 600 ml com aeração, num banho ultratermostático (Quimis ® ISO 9001, modelo Q214S2), com constante monitoramento da temperatura (Figura 5). O tempo foi cronometrado e a cada 0,5°C foi anotado o momento em que a temperatura atingia o grau esperado, para manter o padrão de 2 minutos.

Quando os animais atingiram o *end point* (perda de resposta de endireitamento) foram retirados do béquer e colocados individualmente em béqueres menores (100 ml) propriamente identificados para posterior pesagem e a temperatura foi anotada. A pesagem foi feita em balança de precisão com 4 casas, os animais foram postos em papel absorvente na balança, o peso inicial anotado, o animal foi retirado e o papel pesado novamente (peso final), assim o peso do camarão foi obtido pela diferença do peso inicial e final.

Após pesagem, os animais foram postos em eppendorfs de 1,5 ml com água e eutanasiados por congelamento. Após a morte a água foi substituída por álcool 70% e os animais foram armazenados em freezer para posterior sexagem, que foi feita sob estereomicroscópio binocular, a partir da presença do apêndice masculino no segundo pleópodo dos animais (Grilli, *et al.* 2014).



Figura 5: Camarões em experimento de Tolerância Térmica. Banho ultratermostático com béqueres onde os camarões foram inseridos para definição da temperatura crítica. Termômetro ao lado direito para monitoramento da temperatura e bomba de ar para constante aeração.

3.5 Polígono de tolerância térmica e razão de resposta de aclimação

Para determinação do polígono de tolerância térmica (PTT) as médias das temperaturas críticas foram projetadas num gráfico onde o eixo horizontal contém as temperaturas de aclimação (21°C, 24°C e 27°C), e o eixo das ordenadas possuindo valores de limites térmicos (°C). Os polígonos de cada espécie foram sobrepostos em um mesmo gráfico gerado em software R, assim como o cálculo da área do polígono (°C²).

A razão de resposta de aclimação (RRA) é utilizada para análise de plasticidade térmica, onde valores mais próximos de 1 significam alta plasticidade, sendo muito difícil disto ocorrer, visto que o aumento de 1°C na temperatura ambiente raramente significa 1°C na tolerância térmica do animal (Morley, *et al.* 2019), sendo o valor médio em animais aquáticos de 0,25 (Gunderson & Stillman, 2015). O cálculo da RRA é obtido a

partir da razão do delta dos limites térmicos (CT) e das temperaturas de aclimação (TA), de acordo com a fórmula a seguir:

$$RRA = \frac{CT\ Final - CT\ Inicial}{TA\ Final - TA\ Inicial}$$

Onde:

CT Final é a temperatura crítica (máxima ou mínima) na temperatura de 27°C.

CT Inicial é a temperatura crítica (máxima ou mínima) na temperatura de 21°C.

TA Final é a maior temperatura de aclimação, neste caso 27°C.

TA Inicial é a menor temperatura de aclimação, neste caso 21°C.

3.6 Análise Estatística

Foram comparados os resultados de Temperatura Crítica a partir de um modelo linear generalizado, com 3 fatores fixos sendo eles: temperatura de aclimação (21, 24 e 27°C), espécies (*P. potimirim* e *N. davidi*) e estação (verão e inverno). Por fim, o teste a posteriori de Tukey foi utilizado para identificar as diferenças entre os tratamentos. Diferenças estatísticas foram consideradas quando $p \leq 0,05$, e os dados obtidos a partir dos experimentos foram analisados com o software R (versão 4.2.1; Equipe R Core, 2022).

4. Resultados

4.1 Comparação Interespecífica

A comparação entre espécies teve diferença significativa (Tukey, $p < 0,01$) em todos os tratamentos independente da estação, com *Neocaridina davidi* sempre apresentando maiores valores de CTMáx e menores valores de CTMín (Tabela 1). Esta maior tolerância térmica também pode ser evidenciada pela maior área de polígono térmico, onde *N. davidi* possui um polígono 20,60% maior que *Potimirim potimirim* no inverno, e 21,10% maior no verão (Figura 6).

4.2 Comparação Intraespecífica

Ao analisarmos os valores de temperatura crítica de acordo com as temperaturas de aclimação dentro da mesma espécie observamos que há diferença em todas as comparações, com exceção de *Potimirim potimirim* no experimento de inverno ($p = 0.957$) (Tabela 2), durante a rampa de temperatura crítica mínima, nas temperaturas de

aclimação de 21 e 24°C, com as médias de aproximadamente 11,62 e 11,84°C respectivamente (Tabela 1).

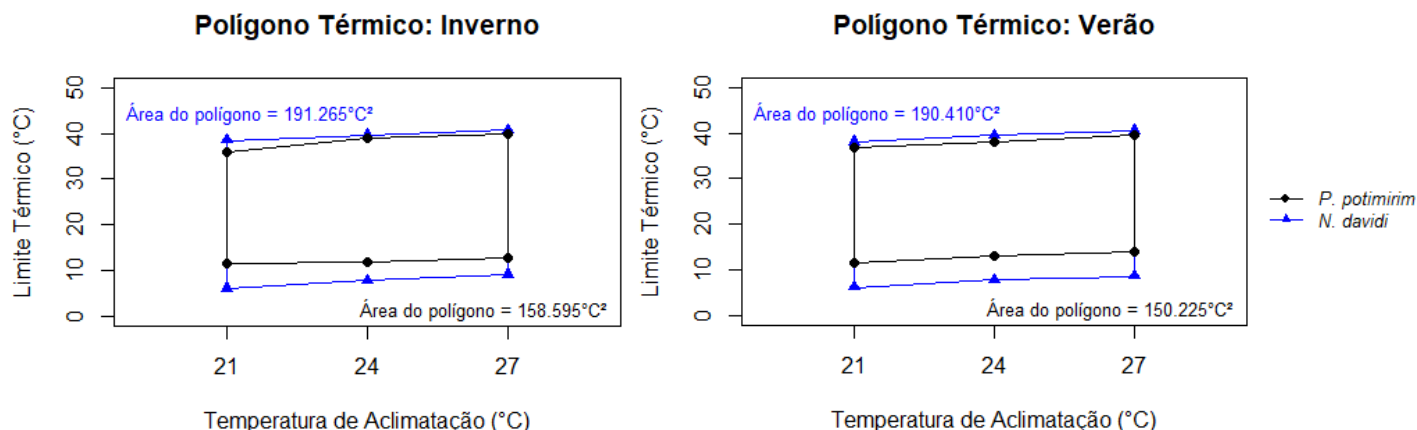


Figura 6: Polígonos de tolerância térmica (PTT): (A) Polígono térmico referente a estação de inverno. (B) Polígono térmico referente a estação de verão. Os polígonos em azul e com ícones em triângulo demonstram os dados de *Neocaridina davidi*, em preto e com ícones de círculo representam os dados de *Potimirim potimirim*. A área do polígono cada espécie é dada em °C². Os ícones representam valores médios de limite térmico (eixo y), sendo os superiores de CTMáx e inferiores de CTMín., em respectivas temperaturas de aclimação (eixo x).

4.2 Razão de resposta de aclimação

O maior dado de RRA foi encontrado no CTMáx de *P. potimirim*, durante o inverno, com uma taxa de 0,656, o que representa que nesta condição *P. potimirim* possui maior plasticidade, visto que é o valor mais próximo de 1, encontrado em nosso trabalho. O próximo valor mais alto é de *N. davidi*, também no inverno, porém no experimento contrário CTMín, com uma taxa de 0,516. No experimento de verão todos os valores, de ambas espécies e limites térmicos foram próximos, variando de 0,406 a 0,465. Quanto aos valores mínimos, *P. potimirim* também possui menor valor encontrado, sendo 0,196 no limite térmico mínimo na estação de inverno, e *N. davidi* no CTMáx com 0,361 também no inverno (Tabela 3).

Tabela 1: Valores de limite térmico (média $\pm$ desvio padrão) de camarões *Neocaridina davidi* e *Potimirim potimirim* em diferentes temperaturas de aclimação (TAs). Peso médio em gramas, número de réplicas (n) representado pelos números entre parênteses e valores estatísticos (p) do teste Tukey para comparação interespecífica.

Experimento de Inverno				
	TAs	<i>Potimirim potimirim</i>	<i>Neocaridina davidi</i>	Valor de p
CTMáx (°C)	21°C	36,06 $\pm$ 0,88 (39)	38,50 $\pm$ 0,98 (44)	< 1 e-04
	24°C	38,93 $\pm$ 0,60 (34)	39,65 $\pm$ 0,53 (38)	0.000345
	27°C	40,00 $\pm$ 0,46 (30)	40,67 $\pm$ 0,54 (38)	0.002410
CTMín (°C)	21°C	11,62 $\pm$ 0,87 (34)	6,11 $\pm$ 0,77 (39)	< 1 e-04
	24°C	11,84 $\pm$ 0,64 (36)	7,82 $\pm$ 0,85 (39)	< 1 e-04
	27°C	12,89 $\pm$ 0,66 (30)	9,21 $\pm$ 1,50 (36)	< 1 e-04
Peso (g)		0,033 $\pm$ 0,02 (203)	0,0275 $\pm$ 0,02 (234)	
Experimento de Verão				
	TAs	<i>Potimirim potimirim</i>	<i>Neocaridina davidi</i>	Valor de p
CTMáx (°C)	21°C	36,84 $\pm$ 0,68 (30)	38,10 $\pm$ 0,50 (18)	<1e-05
	24°C	37,96 $\pm$ 0,51 (30)	39,46 $\pm$ 0,46 (16)	<1e-05
	27°C	39,63 $\pm$ 0,55 (26)	40,54 $\pm$ 0,24 (20)	<1e-05
CTMín (°C)	21°C	11,71 $\pm$ 0,94 (29)	6,23 $\pm$ 0,80 (17)	<0.001
	24°C	13,23 $\pm$ 0,78 (29)	7,86 $\pm$ 0,68 (14)	<0.001
	27°C	14,25 $\pm$ 0,50 (29)	8,67 $\pm$ 0,65 (20)	<0.001
Peso (g)		0,032 $\pm$ 0,01 (173)	0,035 $\pm$ 0,009 (105)	

Tabela 2: Valores (p) do teste de Tukey avaliando a diferença intraespecífica de temperatura crítica máxima e mínima de acordo com as temperaturas de aclimação de 21°C para 27°C, das espécies de camarão *Neocaridina davidi* e *Potimirim potimirim*.

Experimento de Inverno			
TA		21°C – 24°C	24°C - 27°C
Espécie		Valores de p	
CTMAX (°C)	<i>N. davidi</i>	< 1e-04	< 1e-04
	<i>P. potimirim</i>	< 1e-04	< 1e-04
CTMIN (°C)	<i>N. davidi</i>	< 1e-04	< 1e-04
	<i>P. potimirim</i>	0.957	0.001
Experimento de Verão			
TA		21°C – 24°C	24°C - 27°C
Espécie		Valores de p	
CTMAX (°C)	<i>N. davidi</i>	< 1e-05	< 1e-05
	<i>P. potimirim</i>	< 1e-05	< 1e-05
CTMIN (°C)	<i>N. davidi</i>	0.001	0.001
	<i>P. potimirim</i>	0.001	0.002

Tabela 3: Valores de RRA avaliando a transição da temperatura de aclimação de 21°C para 27°C, para experimentos de temperatura crítica máxima e mínima, das espécies de camarão *Neocaridina davidi* e *Potimirim potimirim*.

Espécie	Temp. Crítica	INVERNO RRA (21 – 27°C)	VERÃO RRA (21 – 27°C)
<i>Neocaridina davidi</i>	Máxima	0,36	0,40
	Mínima	0,51	0,40
<i>Potimirim potimirim</i>	Máxima	0,65	0,46
	Mínima	0,19	0,42

4.3 Comparação entre estação

Neocaridina davidi não apresentou diferença significativa ao testarmos a estação como um fator, tendo $p > 0.4$ em todas as comparações. Já *P. potimirim* apresentou diferenças (Tukey, $p < 0.01$) na TAs de 21°C, onde o verão apresenta maiores temperaturas, e 24°C, com inverno tendo maior temperatura, no experimento de temperatura crítica máxima, com a TA de 27°C não tendo diferença entre as estações (Tukey, $p > 0.5$). No

experimento de temperatura crítica mínima, houve diferença (Tukey, $p < 0.01$) em 24°C e 27°C, onde o verão apresentou maiores temperaturas, não apresentando diferença em 21°C (Tukey, $p > 0.5$).

5. Discussão

Nossos resultados mostram que *Neocaridina davidi* possui maiores valores de CTMáx e menores de CTMín em todos os tratamentos, apresentando maior tolerância que *Potimirim potimirim*, fator evidenciado pela maior área de polígono térmico. A espécie nativa apresentou maiores valores de RRA, embora tenham sido próximos da espécie de potencial bioinvasor, podem indicar uma maior plasticidade que *N. davidi*, mostrando maior potencial de aclimação. Quanto a estação *P. potimirim*, apresenta diferenças entre alguns valores de TA, indicando que o tempo de aclimação usado foi insuficiente para retirar efeitos da aclimatização nestes animais.

Levando em consideração que ambas as espécies são consideradas tropicais (Costa, 2020; Pantaleao, *et al.* 2015b), é esperado que sejam mais vulneráveis a alterações na temperatura em comparação com espécies de clima temperado, isto porque seus limites térmicos são mais próximos a sua temperatura ótima já que vivem num habitat sem grandes diferenças sazonais (Stillman, 2003; Ghalambor, *et al.* 2006; Deutsch, *et al.* 2008). Nosso estudo ao comparar estações (verão e inverno) encontramos que *N. davidi* não apresentou nenhuma diferença significativa (Tukey, $p > 0.5$), o que entendemos ser devido aos animais estarem em temperatura estável ao longo do ano todo, já que são provenientes de laboratório. No entanto, *P. potimirim* apresenta diferença em algumas temperaturas, para o CTMáx tendo diferença em 21°C e 24°C (Tukey, $p < 0.01$), mas não apresentando diferença em 27°C (Tukey, $p > 0.5$), ou seja, independente da estação a aclimação de 27°C leva a um CTMáx próximo de 40,0°C, que podemos entender como extremo da espécie (Tabela 1). O mesmo ocorre no CTMín, onde em 21°C não há diferença, supondo que o valor mínimo de temperatura tolerável para espécie seja próximo a 11,5°C.

Nossos dados evidenciam que o processo de aclimação térmica em *P. potimirim* é mais lento do que o esperado. Mesmo após 28 dias de aclimação, os indivíduos ainda apresentavam reflexos da aclimatização. Este valor de tempo de aclimação varia muito entre a literatura, onde podemos encontrar estudos com desde 7 a 30 dias de aclimação como tentativa de anular os efeitos da natureza (Vinagre, *et al.* 2015; Kikuchi, *et al.* 2019; Kumlu, *et al.* 2010), o que evidencia a falta de padrão para tal metodologia, sendo

necessário mais estudos sobre período de aclimação para realmente neutralizar o efeito da aclimatização.

Crustáceos são sensíveis às mudanças nos limites térmicos de acordo com a aclimatização ou aclimação, sempre com uma correlação positiva entre o CTMáx e a temperatura de aclimação (Azra, *et al.* 2020, Stillman & Somero, 2000; Manush, *et al.* 2004). No presente estudo, demonstramos que há diferença significativa entre os limites térmicos em quase todas as temperaturas de aclimação (Tukey, $p < 0,001$), sendo a única exceção no CTMín de *P. potimirim* do inverno, onde não houve diferença entre 21 e 24°C (Tukey, $p = 0.957$). Isto demonstra a maior suscetibilidade de *P. potimirim* em condições de água em temperatura mais baixa, única situação em que *N. davidi* possui RRA maior que a espécie nativa, que apresentou o menor valor de RRA encontrado (0,196). Dada circunstância pode ser explicada devido a origem dos exemplares usados de *N. davidi*, que são provenientes de lojas de aquarismo, indicando que esta espécie já foi muito reproduzida e selecionada, podendo ter perdido algumas de suas características naturais. Por outro lado, *P. potimirim* foi coletado de seu ambiente natural, ou seja, tropical, no qual se espera que as temperaturas mais baixas sejam as mais críticas.

Com *P. potimirim* possuindo maiores valores de RRA isto pode demonstrar que esta espécie tem maior potencial de aclimatização e aclimação, consequentemente uma maior plasticidade, sendo necessário mais estudos com outras temperaturas de aclimação, já que os valores foram bem próximos entre ambas as espécies. Porém, tal fato possibilitaria que os espécimes tenham mais capacidade de ajustar sua fisiologia para tolerar os cada vez mais frequentes aumentos das temperaturas médias globais (Coumou & Rahmstorf, 2012; Lopez *et al.*, 2018). Entretanto, *N. davidi* possui maior tolerância a temperaturas mais extremas, principalmente temperaturas baixas, (evidenciado no polígono térmico) levando a espécie a ter vantagem em casos de eventos climáticos extremos. Nossos resultados corroboram com um vasto número de estudos de biologia térmica, constando a hipótese do trade-off: espécies com alta tolerância térmica possuem capacidade reduzida de aclimação (Stillman 2003, Magozzi & Calosi, 2015; Overgaard, *et al.* 2011; Somero, 2010). O que torna o cenário mais preocupante para *P. potimirim* é que estudos prévios indicam que as grandes mudanças na distribuição de espécies não são devido às mudanças graduais e lentas nas temperaturas ambientais médias, mas sim à exposição a rápidas mudanças na temperatura, causando fortes efeitos subletais e letais nos organismos (Morley, *et al.* 2019). Portanto, a espécie de potencial bioinvasor *N. davidi* possuirá maior vantagem neste cenário, enquanto a

espécie nativa pode encontrar dificuldades para se adaptar termicamente, abrindo espaço para outras espécies invasoras ocuparem com sucesso o seu nicho ecológico.

Embora *N. davidi* possua maiores temperaturas em CTMáx e menores em CTMín, havendo diferença estatística entre todas as temperaturas críticas, analisando os valores de média vemos que ambos possuem valores de CTMáx similares, e ambos estão distantes de temperaturas médias máximas já registrados na região de estudo (Moccellin, 2006). Assim, sugerimos que a temperatura considerada como um fator analisado independentemente, não será tão problemático para ambas as espécies, que poderiam conviver no mesmo nicho térmico. Entretanto, mesmo que nenhuma das espécies apresente comportamentos agressivos e territoriais, ainda pode haver outras formas de competição, como alimentação visto que ambos são animais detritívoros.

Neocaridina davidi pode apresentar uma vantagem reprodutiva, que seria a reprodução direta (Suen & Gillett-Kaufman, 2021), ou seja, sem estágio larval. Enquanto *P. potimirim* possui grande desfalque em estudos reprodutivos e baseia-se que como outras espécies do mesmo gênero possuem estágio larval dependente de água salobra (De Barros & Fontoura, 1996). Sendo assim, esta poderia ser uma diferença que levaria a possível espécie invasora a ter mais sucesso no habitat colonizado.

6. Conclusão

Por fim, nossos resultados indicam que *Potimirim potimirim* e *Neocaridina davidi* apresentam ampla tolerância térmica e podem coexistir num mesmo nicho térmico. Porém, como *N. davidi* suporta temperaturas mais altas, este possui vantagem num cenário de mudanças do clima no qual eventos extremos de calor estão se tornando cada vez mais intensos e frequentes. Ainda, visto que espécies tropicais realmente possuem maior fragilidade em questões térmicas, necessitam de uma maior atenção devido ao risco que podem enfrentar devido a mudanças do clima. Além disso, *N. davidi* é uma espécie que já apresenta sucesso como invasora em outros locais, apresentando uma ampla gama de estudos que envolvem nutrição (Pantaleão, *et al.* 2015a), densidade (Vazquez, *et al.* 2017), biologia reprodutiva (Tropea & Greco, 2015) e efeito da temperatura (Serezli, *et al.* 2017). A menor quantidade de pesquisas sobre *P. potimirim* mostra que ainda há uma grande lacuna de conhecimento a respeito de comportamentos e a ecologia desta espécie, e mesmo que a temperatura, isoladamente, pareça não representar um problema, ainda faltam estudos sobre toda a dinâmica populacional desta espécie nativa, estudos com outros estágios do ciclo de vida e sobre outros fatores abióticos e suas interações. Mais

informações são necessárias para melhor compreensão de quais riscos ambientais esta espécie pode sofrer em meio a mudanças do clima e em seu habitat, a conservação de espécies é fundamental para equilíbrio ecológico, fazendo preciso este foco maior em estudos de crustáceos de água doce num geral.

7. Agradecimentos

Gostaria de agradecer à minha mãe, Simone, que me incentivou e me incentiva a realizar todos meus sonhos e por ser incrível. Agradeço ao meu pai, por tudo que ele fez em vida, pelas memórias que deixou e por cuidar de mim de longe. Agradeço a minha irmã, por sempre estar comigo e me fazer rir. Agradeço toda minha família, meus avós, tios e tias, primos e primas, que comemoram comigo cada vitória. Agradeço às minhas colegas de casa, Trem, Quente e Lin, por me ajudarem com conselhos em momentos difíceis. Ao meu namorado, Caio, por me incentivar a voar longe e sempre ressaltar minhas qualidades. A todos do LABECOM, eu não tenho palavras o suficiente para agradecer por todo aprendizado e nosso dia-a-dia, especialmente aos meus co-orientadores Dr. Caio Akira Miyai e Dr. Alexandre Luiz Arvigo, que me ensinaram e ensinam com muita paciência todo o processo de pesquisa científica. À orientadora Prof^a. Dr^a Tânia Marcia Costa, deixo um agradecimento mais que especial, por me dar a chance de fazer parte dessa equipe incrível e possibilitar a realização do projeto.

Por fim, agradeço imensamente à FAPESP que me concedeu a bolsa, tornando possível a realização deste projeto de iniciação científica.

8. Bibliografia

- Abol-Munafi, A. B. and Azra, M. N. 2018. Letter to editor climate change and the crab aquaculture industry: Problems and challenges. *Journal of Sustainability Science and Management*. 13, 1–4.
- Azra, M. N., Mohamad, A., Hidir, A., Taufik, M., Abol-Munafi, A. B., and Ikhwanuddin, M. 2020. Critical thermal maxima of two species of intertidal crabs, *Scylla olivacea* and *Thalamita crenata* at different acclimation temperatures. *Aquaculture Reports*. 17, 100301.
- Baliña, S., Temperoni, B., Lopez Greco, L. S. and Tropea, C. 2018. Losing reproduction: effect of high temperature on female biochemical composition and egg quality in a freshwater crustacean with direct development, the red cherry shrimp, *Neocaridina davidi* (Decapoda, Atyidae). *The Biological Bulletin*. 234.3, 139-151.
- Bond-Buckup, G., Buckup, L., Araujo, P. B., Zimmer, A. R., Quadros, A. F., Sokolowicz, C. C., Castiglioni, D. S., Barcelos, D. and Gonçalves, R. 2003. Crustáceos. *Livro Vermelho da fauna ameaçada de extinção no Rio Grande do Sul*. 1, 73-83.

- Callisto, M., Moretti, M. and Goulart, M. Macroinvertebrados bentônicos como ferramenta para avaliar a saúde de riachos. 2001. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. 6.1, 71-82.
- Carlton, J.T., 1989. Man's role in changing the face of the ocean: biological invasions and implications for conservation of near-shore environments. Conservation biology. 3(3), 265-273.
- Costa, M. M. 2020. O hermafroditismo protândrico é uma característica do camarão carídeo *Potimirim potimirim* (Crustacea, Decapoda, Atyidae)? Análise histológica e comportamental. Dissertação (Mestrado em Zoologia) - Instituto de Biociências de Botucatu. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Botucatu, p.90.
- Coumou, D. and Rahmstorf, S. 2012. A decade of weather extremes. Nature Climate Change. 2, 491–496.
- Crowl, T.A., McDowell, W.H., Covich, A.P. and Johnson, S.L., 2001. Freshwater shrimp effects on detrital processing and nutrients in a tropical headwater stream. Ecology. 82, 775-783.
- De Barros, M. P. and Fontoura, N. F. 1996. Biologia reprodutiva de *Potimirim glabra* (Kingsley, 1878) (Crustacea, Decapoda, Atyidae), na praia da vigia, Garopaba, Santa Catarina, Brasil. Nauplius. 4, 1-10.
- De Grande, F. R., Arakaki, J. Y., Marochi, M. and Costa, T. M. 2021. Cold water temperatures define the poleward range limits of south American fiddler crabs. Estuarine, Coastal and Shelf Science. 260, 107494.
- De Melo, M. S. 2016. Populações de camarões dulcícolas (Crustacea, Decapoda, Caridea) da planície litorânea, primeiro planalto e segundo planalto do estado do Paraná. (Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná - Curitiba - PR).
- De Souza, M. L. and Moulton, T. P. 2005. The effects of shrimps on benthic material in a Brazilian island stream. Freshwater Biology. 50(4), 592-602.
- Deutsch, C.A., Tewksbury, J.J., Huey, R.B., Sheldon, K.S., Ghalambor, C.K., Haak, D.C. and Martin, P.R. 2008. Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude. Proc. Natl. Acad. Sci. 105, 6668–6672.
- Fantin-Cruz, I., Tondato, K.K., Marques, D.M. and Pedrollo, O. 2010. Regime térmico em águas correntes e sua importância na estrutura do habitat e na biologia de organismos aquáticos. Revista Caminhos de Geografia. 11(36), 295-307.
- Ferreira, W.R., Hepp, L.U., Ligeiro, R., Macedo, D.R., Hughes, R.M., Kaufmann, P.R. and Callisto, M. 2017. Partitioning taxonomic diversity of aquatic insect assemblages and functional feeding groups in neotropical savanna headwater streams. Ecological indicators. 72, 365-373.
- Grilli, M.N., Terossi, M. and Mantelatto, F. L. 2014. Sexual system of the freshwater shrimps of the genus *Potimirim* Holthuis (Decapoda: Caridea: Atyidae): is there a pattern in this genus?. Marine and Freshwater Research. 65.9,759-765.

- Ghalambor, C., Huey, R.B., Martin, P.R., Tewksbury, J.J. and Wang, G., 2006. Are mountain passes higher in the tropics? Janzen's hypothesis revisited. *Integr. Comp. Biol.* 46, 5–17.
- Gritti, E.S., Smith, B. and Sykes, M.T. 2006. Vulnerability of Mediterranean Basin ecosystems to climate change and invasion by exotic plant species. *Journal of Biogeography*. 33(1), 145-157.
- Gunderson, A. R. and Stillman, J. H. 2015. Plasticity in thermal tolerance has limited potential to buffer ectotherms from global warming. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*. 282.1808, 20150401.
- Hellmann, J.J., Byers, J.E., Bierwagen, B.G. and Dukes, J.S. 2008. Five potential consequences of climate change for invasive species. *Conservation biology*. 22(3), 534-543.
- Hester, E. T. and Doyle, M. W. 2011. Human impacts to river temperature and their effects on biological processes: A quantitative synthesis. *Journal of the American Water Resources Association*. 47.3, 571-587.
- Huey, R. B., Kearney, M. R., Krockenberger, A., Holtum, J. A., Jess, M. and Williams, S. E. 2012. Predicting organismal vulnerability to climate warming: Roles of behaviour, physiology and adaptation. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 367, 1665–1679.
- Hulme, P.E., 2017. Climate change and biological invasions: evidence, expectations, and response options. *Biological Reviews*. 92(3), 1297-1313.
- Hussain, Q. A. and Pandit, A. K. 2012. Macroinvertebrates in streams: A review of some ecological factors. *International Journal of Fisheries and Aquaculture*. 4.7, 114-123.
- Hutchison, V. H. and Dupre, R. K. 1992. Thermoregulation. In: Feder M.; Burggren, W.H. (Eds). *Environmental physiology of the amphibians*. 206–249.
- Jablonska A., Mamos, T., Gruszka, P., Szlauer-Lukaszewska, A. and Grabowski, M. 2018. First record and DNA barcodes of the aquarium shrimp, *Neocaridina davidi*, in central Europe from thermally polluted River Oder Canal, Poland. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*. 419(14), 1-5.
- Kikuchi, E., De Grande, F. R., Duarte, R. M. and Vaske-Júnior, T. 2019. Thermal response of demersal and pelagic juvenile fishes from the surf zone during a heat-wave simulation. *Journal of Applied Ichthyology*. 35(6), 1209-1217.
- Klotz, W. Miesen, F. W., Hüllen, S. and Herder, F. 2013. Two Asian fresh water shrimp species found in a thermally polluted stream system in North Rhine-Westphalia, Germany. *Aquatic Invasions*. 8, 333–339
- Kumlu, M., Türkmen, S. and Kumlu, M. 2010. Thermal tolerance of *Litopenaeus vannamei* (Crustacea: Penaeidae) acclimated to four temperatures. *Journal of Thermal Biology*. 35(6), 305-308.
- Ledger, M. E. and Milner, A. M. 2015. Extreme events in running waters. *Freshwater Biology*. 60.12, 2455-2460.

- Lima, G.V., Silveira, C.M. and Oshiro, L.M.Y. 2006. Estrutura populacional dos camarões simpátricos *Potimirim glabra* e *Potimirim potimirim* (Crustacea, Decapoda, Atyidae) no rio Sahy, Rio de Janeiro, Brasil. *Iheringia, Série Zoologia*. 96(1): 81- 87.
- Lima, G. V. and Oshiro, L. M. Y. 2002. Partição ambiental de *Potimirim glabra* (Kingsley) e *Potimirim potimirim* (Müller) (Crustacea, Decapoda, Atyidae) no rio Sahy, Mangaratiba, Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*. 19, 175-179.
- Lopez, H., West, R., Dong, S., Goni, G., Kirtman, B., Lee, S.-K. and Atlas, R. 2018. Early emergence of anthropogenically forced heat waves in the western United States and Great Lakes. *Nature Climate Change*, 8, 414–420.
- Lyons, J., Navarro-Pérez, S., Cochran, P.A., Santana, E.C. and Guzmán-Arroyo, M. 1995. Index of biotic integrity based on fish assemblages for the conservation of streams and rivers in west-central Mexico. *Conservation biology*. 9(3), 569-584.
- Madeira, D., Narciso, L., Cabral, H.N. and Vinagre, C. 2012. Thermal tolerance and potential impacts of climate change on coastal and estuarine organisms. *Journal of Sea Research*, 70, 32-41.
- Magalhães, C. 2003. Famílias Pseudothelphusidae e Trichodactylidae. Manual de identificação dos Crustacea Decapoda de água doce do Brasil. 143, 287.
- Magozzi, S. and Calosi, P. 2015. Integrating metabolic performance, thermal tolerance, and plasticity enables for more accurate predictions on species vulnerability to acute and chronic effects of global warming. *Global Change Biology*. 21, 181–194.
- Manush, S.M., Pal, A.K., Chatterjee, N., Das, T. and Mukherjee, S.C. 2004. Thermal tolerance and oxygen consumption of *Macrobrachium rosenbergii* acclimated to three temperatures. *Journal of Thermal Biology*. 29, 15–19.
- Mantelatto, F.L., Vera-Silva, A.L., Prado, B.M.D. and Pileggi, L.G.. 2021. Phylogenomic analyses reveals gene flow between populations of the freshwater shrimp *Potimirim brasiliiana* (Caridea, Atyidae) along its wide distribution. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 93(2), e20190384.
- Martin, C.W., Valentine, M.M. and Valentine, J.F. 2010. Competitive interactions between invasive Nile tilapia and native fish: the potential for altered trophic exchange and modification of food webs. *PloS one*. 5(12), e14395.
- Melo, G. A. S. 2003. Famílias Atyidae, Palaemonidae e Sergestidae. Manual de Identificação dos Crustacea Decapoda de água doce do Brasil. São Paulo: Editora Loyola, 289-415.
- Mitsugi, M. and Suzuki, H. 2018. Life history of an invasive freshwater shrimp *Neocaridina davidi* (Bouvier, 1904), (Decapoda: Caridea: Atyidae) in the Tomoe River, the Boso Peninsula, eastern Japan. *Crustacean Research*. 47, 9–16.
- Morley, S.A., Peck, L.S., Sunday, J.M., Heiser, S. and Bates, A.E. 2019. Physiological acclimation and persistence of ectothermic species under extreme heat events. *Global Ecology and Biogeography*. 28(7), 1018-1037.
- Moccellin, J. 2006. A microbacia do rio Jacupiranguinha como unidade de estudo para a sustentabilidade dos recursos hídricos do Baixo Ribeira de Iguape-SP. Dissertação

(Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, p.151.

Moulton, T.P., de Souza, M.L., Silveira, R.M. and Krsulović, F.A. 2004. Effects of ephemeropterans and shrimps on periphyton and sediments in a coastal stream (Atlantic forest, Rio de Janeiro, Brazil). *Journal of the North American Benthological Society*. 23(4), 868-881.

Overgaard, J., Kristensen, T. N., Mitchell, K. A. and Hoffmann, A. A. 2011. Thermal tolerance in widespread and tropical *Drosophila* species: Does phenotypic plasticity increase with latitude? *The American Naturalist*. 178, 80–96.

Pantaleão, J. A. F., Barros-Alves, S. D. P., Tropea, C., Alves, D. F., Negreiros-Fransozo, M. L. and López-Greco, L. S. 2015a. Nutritional vulnerability in early stages of the freshwater ornamental “red cherry shrimp” *Neocaridina davidi* (Bouvier, 1904) (Caridea: Atyidae). *Journal of crustacean biology*. 35(5), 676–681.

Pantaleao, J. A., Gregati, R. A., da Costa, R. C., López-Greco, L. S. and Negreiros-Fransozo, M. L. 2015b. Post-hatching development of the ornamental ‘Red Cherry Shrimp’ *Neocaridina davidi* (Bouvier, 1904) (Crustacea, Caridea, Atyidae) under laboratorial conditions. *Aquaculture Research*. 48(2), 553-569.

Parker, I.M., Simberloff, D., Lonsdale, W.M., Goodell, K., Wonham, M., Kareiva, P.M., Williamson, M.H., Von Holle, B.M.P.B., Moyle, P.B., Byers, J.E. and Goldwasser, L. 1999. Impact: toward a framework for understanding the ecological effects of invaders. *Biological invasions*. 1, 3-19.

Plichta, Z., Kobak, J., Maciaszek, R. and Kakareko, T. 2021. All Shades of Shrimp: Preferences of Colour Morphs of a Freshwater Shrimp *Neocaridina davidi* (Decapoda, Atyidae) for Substrata of Different Colouration. *Animals*. 11, 1071.

Rahel, F. J. and Olden, J. D. 2008. Assessing the effects of climate change on aquatic invasive species. *Conservation biology*. 22(3), 521-533.

Rocha, S. S. 2010. Diferença entre dois métodos de coleta utilizados na captura de crustáceos decápodes em um rio da Estação Ecológica Juréia-Itatins, São Paulo. *Iheringia. Série Zoologia*. 100, 116-122.

Sampaio, A.B. and Schmidt, I.B. 2013. Espécies exóticas invasoras em unidades de conservação federais do Brasil. *Biodiversidade Brasileira*. 3(2), 32-49.

Serezli, R., Atalar, M.S., Hamzacebi, S., Kurtoglu, I.Z. and Yandi, I. 2017. To what extent does temperature affect sex ratio in red cherry shrimp, *Neocaridina davidi*? The scenario global warming to offspring sex ratio. *Fresenius Environmental Bulletin*. 26, 7575-7579.

Sharma, S., Jackson, D.A., Minns, C.K. and Shuter, B.J. 2007. Will northern fish populations be in hot water because of climate change?. *Global Change Biology*. 13(10), 2052-2064.

Sokolova, I.M., Frederich, M., Bagwe, R., Lannig, G. and Sukhotin, A.A. 2012. Energy homeostasis as an integrative tool for assessing limits of environmental stress tolerance in aquatic invertebrates. *Marine environmental research*. 79, 1-15.

- Somero, G. N. 2010. The physiology of climate change: How potentials for acclimatization and genetic adaptation will determine “winners” and “losers”. *Journal of Experimental Biology*. 213, 912–920.
- Souza, R.C.C.L.D., Calazans, S.H. and Silva, E.P. 2009. Impacto das espécies invasoras no ambiente aquático. *Ciência e cultura*. 61(1), 35-41.
- Stillman, J.H. and Somero, G.N. 2000. A comparative analysis of the upper thermal tolerance limits of eastern pacific porcelain crabs, genus *Petrolisthes*: Influences of latitude, vertical zonation, acclimation, and phylogeny. *Physiological Biochemical Zoology*. 73, 200–208.
- Stillman, J.H. 2003. Acclimation capacity underlies susceptibility to climate change. *Science*. 301, 65.
- Suen, C. and Gillett-Kaufman, J.L., 2021. Cherry Shrimp *Neocaridina davidi* (Bouvier 1904) (Crustacea: Decapoda: Atyidae). *EDIS, EENY-751*. 1-3.
- Tavares, M. and Mendonça Jr, J.B. 2004. Introdução de crustáceos decápodes exóticos no Brasil: uma roleta ecológica. *Água de lastro e bioinvasão*. Interciência, Rio de Janeiro. 59-76.
- Tewksbury, J.J., Huey, R.B. and Deutsch, C.A. 2008. Putting the heat on tropical animals. *Science*. 320(5881), 1296-1297.
- Tomanova, S., Goitia, E. and Helešić, J. 2006. Trophic levels and functional feeding groups of macroinvertebrates in neotropical streams. *Hydrobiologia*. 556, 251-264.
- Tomas, A. L., Sganga, D. E., Battista, A. and López Greco, L. S. 2021. Body coloration, carotenoid content, spermatophore quality and biochemical parameters by effect of temperature in the caridean shrimp *Neocaridina davidi* (Atyidae). *Acta Zoologica*. 102, 297–309.
- Torati, L. S. and Mantelatto, F. L. 2012. Ontogenetic and evolutionary change of external morphology of the neotropical shrimp *Potimirim* (Holthuis, 1954) explained by a molecular phylogeny of the genus. *Journal of Crustacean Biology*. 32(4), 625-640.
- Tropea, C. and Greco, L.S.L. 2015. Female growth and offspring quality over successive spawnings in a caridean shrimp *Neocaridina davidi* (Decapoda, Atyidae) with direct development. *The Biological Bulletin*. 229(3), 243-254.
- Tropea, C., Stumpf, L. and Greco, L. S. L. 2015. Effect of temperature on biochemical composition, growth and reproduction of the ornamental red cherry shrimp *Neocaridina heteropoda heteropoda* (Decapoda, Caridea). *PloS one*. 10.3, e0119468.
- Vazquez, N. D., Delevati-Colpo, K., Sganga, D. E. and López-Greco, L. S. 2017. Density and gender segregation effects in the culture of the caridean ornamental red cherry shrimp *Neocaridina davidi* (Bouvier, 1904) (Caridea: Atyidae). *Journal of Crustacean Biology*. 37(4), 367–373.
- Vinagre, C., Leal, I., Mendonça, V. and Flores, A. A. 2015. Effect of warming rate on the critical thermal maxima of crabs, shrimp and fish. *Journal of thermal biology*. 47, 19-25.

Winemiller, K. O., Flecker, A. S. and Hoeinghaus, D. J. 2010. Patch dynamics and environmental heterogeneity in lotic ecosystems. *Journal of the North American Benthological Society*. 29(1), 84–99.

Yanar, M., Erdoğan, E. and Kumlu, M. 2019. Thermal tolerance of thirteen popular ornamental fish species. *Aquaculture*. 501, 382-386.

PARECER FINAL DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Discente: ALICE MENDONÇA OLIVEIRA MOURA LIMA

Título: "Tolerância térmica de um camarão nativo e um camarão de potencial bioinvasor"

Orientador: Profa. Dra. Tânia Marcia Costa

Curso/Habilitação: Bacharelado em Ciências Biológicas/Biologia Marinha

COMISSÃO EXAMINADORA	CONCEITO
Profa. Dra. Tânia Marcia Costa	APROVADA
Prof. Dr. Rafael Mendonça Duarte	APROVADA

PARECER:

O trabalho escrito apresentado é de excelente qualidade, e a apresentação foi muito boa. Pedimos sugestões foram feitas para serem incorporadas na versão final.

CONCEITO FINAL:

A Comissão Examinadora abaixo assinada conclui que a discente **Alice Mendonça Oliveira Moura Lima** obteve o seguinte conceito:



APROVADO



REPROVADO

São Vicente, 02 de dezembro de 2024.


Prof. Dra. Tânia Marcia Costa


Prof. Dr. Rafael Mendonça Duarte