

TEMPERATURA CRÍTICA MÁXIMA DE JUVENIS DO CAMARÃO-ROSA (*Farfantepenaeus paulensis*) EXPOSTOS À UMA ONDA DE CALOR MARINHA

MAIRA LOPES DA SILVA¹; CAROLINE DA SILVA ABRAÃO²; KAILANE FLÔRES
MARTINS³; GILSON DE MENDONÇA⁴; RICARDO BERTEAUX ROBALDO⁵

¹Universidade Federal de Pelotas – mairalopes890@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – carolinsabr@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – kailanefloresmartins@gmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas – gilsondemendonca@gmail.com

⁵Universidade Federal de Pelotas – ricardorobaldoufpel@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Eventos como ondas de calor, inundações, secas e tempestades, têm se tornado cada vez mais frequentes em razão das mudanças climáticas. O aquecimento dos oceanos vem sendo observado nas últimas décadas, acompanhado pelo aumento da acidificação e da menor disponibilidade de oxigênio, impactando a biodiversidade de ecossistemas marinhos (MONTEIRO et al., 2023). Eventos prolongados de temperaturas anormalmente quentes caracterizam uma onda de calor marinha, definida por MEEHL & TEBALDI (2004) como um período de três a cinco dias, com temperaturas de 3 a 5°C acima da média para um determinado local.

A temperatura determina a conformação de moléculas e, portanto, o seu estado funcional, as taxas metabólicas, bem como as taxas de processos como a osmose e a difusão, ao definir o estado físico dos fosfolipídeos da membrana celular nos organismos (HILL et al., 2015). Em vista disso, sabe-se que animais ectotérmicos são especialmente vulneráveis às mudanças climáticas, dado que sua temperatura corporal é determinada pelas condições térmicas externas, estando sujeitos a flutuações diárias de temperatura que podem comprometer os seus processos fisiológicos e o seu desempenho, tais como crescimento, forrageio e fuga de predadores (KERN et al., 2015). O camarão-rosa (*Farfantepenaeus paulensis* Pérez Farfante, 1967) é um ectotermo da ordem Decapoda de alto valor econômico para as regiões Sul e Sudeste do Brasil, onde é largamente explorado, assim como ocorre no estuário da Lagoa dos Patos. Devido às suas características, a Lagoa fornece um ambiente favorável para o desenvolvimento de várias espécies, incluindo pós-larvas e juvenis de *F. paulensis*, no entanto, por se tratar de uma área estuarina, apresenta flutuações sazonais expressivas de salinidade e de temperatura (WASIELESKY JR et al., 2004).

Conhecer a tolerância térmica dos animais frente à eminente crise climática, é crucial para compreender a vulnerabilidade de cada espécie ao cenário atual. Para isso, entre os meios mais utilizados para determinar a tolerância de animais aquáticos a temperaturas extremas, está o teste de temperatura crítica máxima (CTMax), descrito por Cowles e Bogert em 1944. Trata-se de um teste subletal, onde a temperatura é gradualmente aumentada até que se identifique o ponto crítico ou *endpoint*, caracterizado pela perda de equilíbrio e pela ocorrência de espasmos musculares (BEINTINGER & LUTTERSCHIMDT, 2011). Dessa forma, o presente estudo tem como objetivo definir a temperatura crítica máxima (CTMax) de juvenis de *F. paulensis*, previamente expostos à uma onda de calor marinha, a fim de avaliar a sua capacidade de tolerar um evento climático extremo.

2. METODOLOGIA

Para os bioensaios, juvenis de camarão-rosa foram coletados na região do Saco da Mangueira, localizada no estuário da Lagoa dos Patos em Rio Grande/RS. Logo após, foram transferidos ao Laboratório de Fisiologia Aplicada a Aquicultura (LAFAAq) da Universidade Federal de Pelotas, onde foram mantidos em aclimação por 30 dias em um tanque de 180L, sob condições controladas de temperatura a $23\pm 1^{\circ}\text{C}$, salinidade de 9ppm, fotoperíodo de 12h e aeração constante. Nesse período, os animais eram alimentados *ad libitum* 2x/dia com ração TetraMin®, havendo controle diário de pH e de resíduos nitrogenados (NH_3/NO_2).

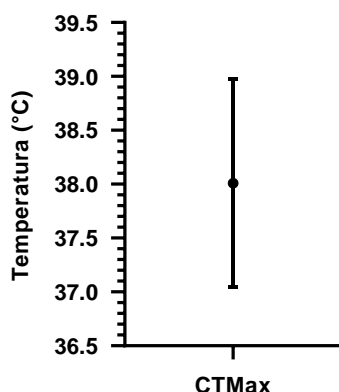
Para a simulação da onda de calor marinha, as temperaturas registradas durante os meses de verão na Lagoa foram consultadas, obtendo uma média de 25°C entre os anos de 1993 e 2015 (HARAGUCHI et al., 2015; DECKER et al., 2018). A simulação foi realizada seguindo a metodologia de MADEIRA et al. (2018), expondo 8 camarões ($n=8$) a um aumento da temperatura de aclimação para 26°C em 24h, e, usando o mesmo intervalo, para 30°C , temperatura essa que foi mantida por 5 dias. No último dia, a temperatura inicial foi retomada dentro de 24h. Além disso, a fim de se aproximar de uma condição de verão observada na Lagoa, elevou-se a salinidade para 15ppm e, após 24h, para 19ppm, permanecendo na faixa determinada como o ponto isosmótico para a espécie (LE MOS et al., 2001).

Após concluída a onda de calor, os animais, em jejum prévio de 24h, foram submetidos ao teste de CTMax. Para tanto, cada camarão foi individualmente transferido para um aquário de 8L contendo 4L de água, sob aeração constante para saturação de oxigênio, disposto em banho-maria em um aquário de 25L preenchido com 5L de água em recirculação com bomba submersa (180L/h) para homogeneidade térmica. A temperatura foi gradualmente aumentada sob taxa nominal de $0,5^{\circ}\text{C}/\text{min}$, através de uma resistência elétrica de 700W, e monitorada a cada minuto com termômetro digital ($0,1^{\circ}\text{C}$) até o *endpoint*, momento em que o ensaio era encerrado contanto que o animal não corrigisse sua postura em até 30s, mediante estímulo mecânico (HUSSAIN et al., 2023). A observação dos camarões foi realizada pela mesma pessoa, sem que tivesse acesso aos termômetros. Após o *endpoint*, os camarões foram devolvidos às condições de aclimação, onde foram avaliados por 24h para constatar sua sobrevivência e validar o limite térmico observado. Feito isso, os animais foram eutanasiados seguindo as diretrizes da AVMA (AVMA 2020), além de terem peso e comprimento (medida entre rostro e urópodes) aferidos. Os resultados são apresentados como média \pm desvio padrão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A metodologia dos testes de CTMax promoveu uma taxa de aquecimento de $0,59\pm 0,02^{\circ}\text{C}/\text{min}$, o que está dentro da taxa de 0,3 a $1^{\circ}\text{C}/\text{min}$, recomendada por BEINTIGER & LUTTERSCHIMIDT (2011). Considerando a perda de dois camarões durante as 24h após a realização dos bioensaios, tem-se que a temperatura crítica máxima observada para os juvenis do camarão-rosa, quando expostos à uma onda de calor marinha, é de $38,01\pm 0,97^{\circ}\text{C}$ (Figura 1). O peso médio dos animais foi de $5,44\pm 1,22\text{g}$, enquanto o comprimento foi de $9,71\pm 0,60\text{cm}$. Em testes preliminares, utilizando exemplares da mesma espécie e estágio de vida, aclimatados a 22°C e que não haviam sido expostos à onda, foi obtida uma CTMax de quase 36°C (MARTINS et al., 2023), o que demonstra que os animais aqui experimentados aumentaram a sua tolerância em mais de 1°C após a exposição à onda de calor.

Figura 1 – Temperatura Crítica Máxima (CTMax) de juvenis de *F. paulensis* expostos à uma onda de calor marinha (30°C/19ppm/5 dias); (Média±DP; n=6)



Os comportamentos apresentados pelos camarões durante o teste de CTMax, estão de acordo com os que foram descritos por OLIPHANT et al. (2011), tais como "movimento ativo", majoritariamente observado quando a temperatura se aproximava do *endpoint*, havendo uma intensificação expressiva dos movimentos em $34,98 \pm 0,66^{\circ}\text{C}$. Ao passo que os primeiros sinais de descoordenação motora foram observados em $36,2 \pm 0,78^{\circ}\text{C}$, antes que houvesse o *endpoint*.

As ondas de calor marinhas devem aumentar em frequência, intensidade e duração, como apontam as projeções futuras (MONTEIRO et al., 2023). Sabe-se que a capacidade de lidar com o aumento da temperatura está relacionada com a tolerância fisiológica e a plasticidade fenotípica das espécies (MISSIONÁRIO et al., 2022). Nesse contexto, o CTMax é uma ferramenta útil para determinar a resposta a ondas de calor no futuro, haja vista que o aumento da prevalência de eventos como estes pode impulsionar a seleção direcional, além de permitir que os indivíduos atinjam limites mais elevados devido à exposição anterior ao estresse térmico (DESFORGES et al., 2023).

4. CONCLUSÕES

A exposição a mudanças ambientais extremas, quando fisiologicamente toleráveis, resulta na aclimação individual e na adaptação ao longo de gerações (MADEIRA et al., 2018). Assim, com base nos resultados obtidos, é possível afirmar que o camarão-rosa detém os mecanismos adaptativos necessários para manter sua homeostasia em uma condição térmica adversa, e, portanto, está apto a tolerar um evento climático extremo de onda de calor. Tendo em vista que o limite térmico máximo observado para tal espécie, é superior à temperatura média observada no estuário nos últimos anos, bem como à temperatura de uma suposta onda de calor marinha.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BEITINGER, T. L.; LUTTERSCHMIDT, W. I. Temperature: Measures of thermal tolerance. In: Farrell, A. P. **Encyclopedia of Fish Physiology: From Genome to Environment**. San Diego, CA: Academic Press, 2011. p. 1695-1702.

DECKER, A. et al. Análise ambiental e qualidade da água da lagoa dos patos nas proximidades de uma tradicional comunidade de pescadores. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 105-123, 2018.

DESFORGES, J. E. et al. The ecological relevance of critical thermal maxima methodology for fishes. **Journal of Fish Biology**, v. 102, n. 5, p. 1000-1016, 2023.

HARAGUCHI, L. et al. Long-term changes of the phytoplankton community and biomass in the subtropical shallow Patos Lagoon Estuary, Brazil. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**, v. 162, p. 76-87, 2015.

HILL, R. W. et al. **Fisiologia Animal**. Porto Alegre: ArtMed, 2015.

HUSSAIN, A. S. et al. Relationship between aerobic scope and upper thermal limits of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) in low-salinity culture systems. **Aquaculture**, v. 569, p. 739402, 2023.

KERN, P. et al. Physiological responses of ectotherms to daily temperature variation. **Journal of Experimental Biology**, v. 218, n. 19, p. 3068-3076, 2015.

LEMOES, D. et al. Growth, oxygen consumption, ammonia-N excretion, biochemical composition and energy content of *Farfantepenaeus paulensis* Pérez-Farfante (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) early postlarvae in different salinities. **Journal of experimental marine biology and ecology**, v. 261, n. 1, p. 55-74, 2001.

MADEIRA, C. et al. Thermal stress and energy metabolism in two circumtropical decapod crustaceans: responses to acute temperature events. **Marine environmental research**, v. 141, p. 148-158, 2018.

MARTINS, K. F. et al. Temperatura crítica máxima (CTMax) de juvenis do camarão *Farfantepenaeus paulensis* sob efeito de herbicida a base de glifosato. In: **XXXII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA**, Pelotas, 2023, Anais... Pelotas: Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, 2023.

MEEHL, G. A.; TEBALDI, C. More intense, more frequent, and longer lasting heat waves in the 21st century. **Science**, v. 305, n. 5686, p. 994-997, 2004.

MISSIONÁRIO, M. et al. Sex-specific thermal tolerance limits in the ditch shrimp *Palaemon varians*: Eco-evolutionary implications under a warming ocean. **Journal of Thermal Biology**, v. 103, 2022.

MONTEIRO, M. et al. An emergent treat: Marine heatwaves-Implications for marine decapod crustacean species - An overview. **Environmental Research**, v. 229, p. 116004, 2023.

OLIPHANT, A. et al. Pressure tolerance of the shallow-water caridean shrimp *Palaemonetes varians* across its thermal tolerance window. **Journal of Experimental Biology**, v. 214, n. 7, p. 1109-1117, 2011.

WASIELESKY JR, W. et al. Estudo preliminar do cultivo do camarão-rosa *Farfantepenaeus paulensis* em cercados no estuário da Lagoa dos Patos. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 30, n. 1, p. 63-70, 2004.