

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo deste trabalho será disponibilizado somente a partir de 23/08/2019.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DE BOTUCATU
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - ZOOLOGIA



Differential effects of water loss and temperature increase in the physiology of *fiddler crabs* from distinct habitats

Silas Candido Principe de Souza

Orientadora: Prof^a Dr^a Tânia Marcia Costa

Botucatu - SP

2017



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"



INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS DE BOTUCATU
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS - ZOOLOGIA

**DIFFERENTIAL EFFECTS OF WATER LOSS AND
TEMPERATURE INCREASE IN THE PHYSIOLOGY OF *FIDDLER*
CRABS FROM DISTINCT HABITATS**

Silas Candido Principe de Souza

Orientadora: Prof^a Dr^a Tânia Marcia Costa

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Zoologia), do Instituto de Biociências de Botucatu - Unesp, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre.

Botucatu - SP

2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÊC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP
BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: ROSEMEIRE APARECIDA VICENTE-CRB 8/5651

Souza, Silas Candido Principe de.

Differential effects of water loss and temperature increase in the physiology of fiddler crabs from distinct habitats / Silas Candido Principe de Souza. - Botucatu, 2017

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências de Botucatu

Orientador: Tânia Marcia Costa

Capes: 20502001

1. Caranguejo. 2. Dessecação. 2. Habitat (Ecologia).
3. Fisiologia. 4. Mudanças climáticas. 5. Altas temperaturas - Pesquisa.

Palavras-chave: Dessecação; Ecologia térmica; Fisiologia térmica; *Leptuca thayeri*; *Minuca rapax*.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus pela oportunidade de fazer o mestrado e por todas as experiências que pude vivenciar neste período.

Agradeço imensamente à minha amada esposa, Josi, por todo o apoio, paciência, carinho e até mesmo ajuda nas coletas.

Da mesma forma, agradeço à minha família pela ajuda, incentivo e compreensão ao longo desses anos de estudo.

Agradeço aos meus colegas do LABECOM, em especial ao Juan, Fernando, Alexandre e Renan pela ajuda nas coletas e experimentos.

Agradeço aos meus colegas da UFSCar Sorocaba por toda a troca de experiências e colaboração nesse período, em especial à Heidi e ao Fernando pela ajuda com as análises fisiológicas.

Também agradeço aos professores Dr. John McNamara (USP Ribeirão) e Dr^a Cleoni Santos (UFSCar Sorocaba) pelo auxílio com as análises fisiológicas.

Agradeço ao Departamento de Biologia da UFSCar Sorocaba pelos afastamentos concedidos para realização de experimentos e disciplinas.

Agradeço ao programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Zoologia) do IBB-Unesp pela oportunidade de realizar o mestrado junto ao programa.

Faço um agradecimento especial à Prof^a Dr^a Alessandra Augusto pelo apoio, colaboração e parceria nesse trabalho. Ainda que não tenha sido possível tornar a co-orientação oficial, esse trabalho não teria sido concluído sem sua valiosa ajuda. Obrigado.

Agradeço à minha orientadora Prof^a Dr^a Tânia, pela orientação nesses últimos anos, desde a graduação até o mestrado. Foram muitas as conversas e aprendizados que construíram minha formação. Obrigado em especial pela paciência.

Sumário

<i>Versão resumida em português</i>	2
Resumo.....	2
Introdução.....	3
Conclusões.....	4
<i>Versão completa em inglês submetida na revista "Journal of Thermal Biology"*</i>	6
Abstract.....	6
1. Introduction.....	7
2. Material and methods.....	9
2.1 Study organism.....	9
2.2 Desiccation in <i>Leptuca thayeri</i> and <i>Minuca rapax</i>	9
2.3 Rehydration in <i>Leptuca thayeri</i> and <i>Minuca rapax</i>	10
2.4 Carapace permeability in <i>Leptuca thayeri</i> and <i>Minuca rapax</i>	11
2.5 Effect of temperature elevation in <i>Leptuca thayeri</i> physiology and survival	11
3. Results.....	14
3.1 Desiccation in <i>Leptuca thayeri</i> and <i>Minuca rapax</i>	14
3.2 Rehydration in <i>Leptuca thayeri</i> and <i>Minuca rapax</i>	14
3.3 Carapace permeability.....	15
3.4 Effects of temperature increase in <i>Leptuca thayeri</i> physiology and survivability.....	15
4. Discussion	17
5. Conclusions.....	20
Acknowledgements	21
6. References.....	21

* *Dissertação elaborada segundo as normas da revista científica "Journal of Thermal Biology".*

Versão resumida em português

Diferentes efeitos da perda de água e do aumento de temperatura na fisiologia de *fiddler crabs* de distintos habitats.

Principe, Silas C. ^a; Augusto, Alessandra Silva ^b; Costa, Tânia Marcia ^{a,b}

^a Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, São Vicente, Brasil

^b Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Botucatu, Brasil

E-mails: silasprincipe@yahoo.com.br; aaugusto@clp.unesp.br; costatm@clp.unesp.br

Resumo

A temperatura é uma das principais restrições ambientais à distribuição dos organismos, afetando a fisiologia e sobrevivência. Organismos que habitam a zona do entremarés estão constantemente expostos à variação da temperatura e, com as mudanças climáticas, esses organismos devem enfrentar condições diferentes, que incluem temperaturas mais elevadas, levando a maiores taxas de perda de água por evaporação e, conseqüentemente, redução do desempenho ou mortalidade. Neste estudo, testamos os efeitos da dessecação em duas espécies de caranguejos violinistas (*Leptuca thayeri* e *Minuca rapax*) que ocupam habitats distintos em relação à cobertura da vegetação e posição no entremarés e, portanto, podem responder de forma diferente ao estresse por dessecação e ao aumento da temperatura. *Leptuca thayeri*, que é restrita à zona intermediária do entremarés, é mais sensível à dessecação do que *M. rapax*, uma espécie generalista, com maiores taxas de dessecação e mortalidade quando expostas à dessecação por 120 minutos. Além disso, em comparação com *M. rapax*, *L. thayeri* possui uma carapaça mais permeável. Também avaliamos se o aumento de temperatura pode causar alterações fisiológicas na espécie mais restrita *L. thayeri*, tendo acesso a alimento e à água. Uma elevação de temperatura de 10 ° C e 20 ° C durante 72 h não causou mortalidade em *L. thayeri* nem mudanças na concentração de glicose e proteína na hemolinfa. No entanto, as temperaturas mais altas aumentaram os níveis de lactato desidrogenase, e houve alterações na osmolalidade da hemolinfa e grau de hidratação muscular na temperatura intermediária, sugerindo que a essa temperatura essa espécie tenha melhores capacidades osmoreguladoras. Nossos resultados mostram que espécies de diferentes habitats respondem de forma diferente à dessecação devido a adaptações morfológicas, e espécies de zonas de maré baixa e áreas sombreadas podem enfrentar os efeitos nocivos das mudanças climáticas de forma mais aguda.

Palavras-chave: ecologia térmica; Fisiologia térmica; dessecação; *Leptuca thayeri*; *Minuca rapax*

Introdução

A temperatura é uma das principais restrições do ambiente à vida, pois afeta reações bioquímicas com consequentes efeitos na fisiologia, alimentação, crescimento e reprodução (por exemplo, Weinstein, 1998; Ruscoe et al., 2004; Allen et al., 2012). Embora a temperatura da água do mar seja relativamente estável ao longo do dia, os organismos do entremarés estão continuamente expostos à variação de temperatura durante a maré baixa (Helmuth et al., 2006; Schneider, 2008; Somero, 2002). Além disso, neste período, os organismos podem enfrentar a dessecação devido à exposição ao ar (Allen et al., 2012; Chapman and Underwood, 1996; Miller et al., 2009; Thurman, 1998). A perda de água pode causar a mortalidade de indivíduos (por exemplo, Turra e Denadai, 2001) ou reduzir seu desempenho, diminuindo as oportunidades de reprodução e forrageamento (Allen et al., 2012; Pincebourde et al., 2008). Os organismos que habitam diferentes áreas do entremarés, por exemplo, desenvolveram adaptações fisiológicas de acordo com as condições ecológicas do habitat (por exemplo, Somero, 2002; Prusina et al., 2014; Wong et al., 2014; Nobbs e Blamires, 2017).

As mudanças climáticas aumentarão a temperatura em algumas regiões do mundo e potencialmente alterarão os padrões de distribuição de espécies (IPCC, 2014; Wilson et al., 2005), e os ectotérmicos serão especialmente prejudicados (Kingsolver et al., 2013; Paaajmans et al., 2013; Sunday et al., 2011). À medida que a temperatura muda, as espécies devem apresentar respostas diferentes de acordo com adaptações morfológicas e comportamentais (Eshky et al., 1995; Herreid, 1969a; Huey et al., 2012; Levinton et al., 2015; Thurman, 1998; Yoder et al., 2005), além de respostas fisiológicas (Levinton et al., 2015). Os *fiddler crabs* ou caranguejos violinistas (Decapoda: Ocypodidae) são um excelente modelo experimental para estudar os efeitos da mudança de temperatura e exposição ao ar. Esses caranguejos ocorrem em ambientes estuarinos de zonas tropicais e temperadas (Crane, 1975) e têm sua distribuição global controlada principalmente pela temperatura (Levinton e Mackie, 2013). Localmente, muitos fatores abióticos e ambientais podem influenciar sua distribuição (por exemplo, tamanho de grão do sedimento, conteúdo orgânico, cobertura de vegetação, Nobbs 2003, Thurman et al., 2013, Mokhtari et al., 2015, Checon e Costa, 2017) e existem espécies de áreas arenosas, secas e expostas (Rabalais e Cameron, 1985; Thurman et al., 2013) até áreas sombreadas e lamosas (Thurman et al., 2013). Devido à sua natureza semi-terrestre, os *fiddler crabs* permanecem parte do dia expostos a diferentes temperaturas e níveis de dessecação do ar (Thurman, 1998; Yoder et al., 2005), mas as respostas fisiológicas à temperatura podem variar entre as espécies (Thurman, 1998). Esses organismos desempenham um papel fundamental nos ambientes estuarinos, principalmente por sua função como engenheiros do ecossistema, afetando a ciclagem de nutrientes e os parâmetros químicos dos sedimentos (Kristensen e Alongi, 2006; Kristensen et al., 2008). Assim, mudanças na

distribuição e abundância desse grupo podem afetar a estrutura e o comportamento das comunidades (Citadin et al., 2016).

Nosso objetivo foi comparar a resposta de dessecação em espécies de *fiddler crabs* que habitam áreas de manguezal com diferentes graus de exposição à radiação solar: *Leptuca thayeri*, que vive em áreas lamosas e vegetadas na zona intermediária do entre-marés, e *Minuca rapax*, cujo habitat varia de áreas lamosas sombreadas até áreas arenosas expostas à luz solar, sendo uma espécie mais generalista que ocupa a zona superior do entre-marés ou o supralitoral. Alguns estudos recentes sobre a ecologia dessas espécies foram feitos (por exemplo, Gusmão-Junior et al., 2012; Cuellar-Gempeler e Munguia, 2013; Costa e Soares-Gomes, 2015; Capparelli et al., 2016), mas pouco é conhecido sobre os efeitos da dessecação e aumento de temperatura em sua fisiologia. Embora ambas as espécies coexistam nos estuários brasileiros (Thurman et al., 2013, Checon e Costa, 2017), nossa hipótese é de que *L. thayeri* deveria ser mais sensível à dessecação do que *M. rapax*, já que o primeiro está atualmente restrito a áreas lamosas e sombreadas, o que teria implicações para sua distribuição em um cenário de aumento de temperatura. Como a dessecação é apenas um dos efeitos da elevação da temperatura, também testamos as respostas fisiológicas (níveis de glicose, LDH e proteínas na hemolinfa, osmolalidade da hemolinfa e grau de hidratação do músculo) e a capacidade de sobrevivência de *L. thayeri*, uma espécie mais restrita, a temperaturas mais altas. Isso foi feito expondo os organismos a três tratamentos diferentes de temperatura (25°C – controle, 35°C e 45°C) em estufas. Compreender os diferentes efeitos da dessecação e da temperatura em *fiddler crabs* de áreas com distintos graus de exposição à luz solar pode ajudar a prever os efeitos das mudanças climáticas na distribuição desse grupo.

Conclusões

A exposição ao ar representa um grande desafio para os organismos do entre-marés, pois leva à perda de água e mudanças no metabolismo (Allen et al., 2012; Chapman e Underwood, 1996; Miller et al., 2009). Espera-se que as espécies que habitam áreas expostas e vivem nas zonas superiores do entre-marés lidem de melhor maneira à exposição ao ar, pois apresentam adaptações a este ambiente severo (por exemplo, Thurman, 1998; Prusina et al., 2014; Wong et al., 2014). Em nosso estudo, a espécie mais restrita *L. thayeri*, que habita áreas lamosas e vegetadas, apresentou maior taxa de perda de água do que *M. rapax*, que geralmente é distribuída em áreas mais expostas na zona superior do entre-marés. Além disso, nossos resultados confirmam que o controle de perda de água pode ser crucial para a sobrevivência desses organismos, pois *L. thayeri* apresentou maior mortalidade em relação a *M. rapax*, evidenciado por diferenças na permeabilidade da carapaça, com *M. rapax* tendo menor permeabilidade na carapaça. No entanto, o aumento da temperatura não foi crítico para *L. thayeri*, pois não houve mortalidade durante a exposição a temperaturas

mais elevadas com água e alimentos disponíveis, embora tenha havido respostas fisiológicas a esse aumento. Estes resultados mostram que os organismos podem responder de forma diferente à dessecação e à elevação da temperatura.

Com as mudanças climáticas, os organismos serão expostos à diferentes temperaturas da média atual (IPCC, 2014, Parmesan e Yohe, 2003) e, embora fisiologicamente, *L. thayeri* não é criticamente afetado pelo aumento de temperatura, espera-se que esta espécie experimente mudanças na sua distribuição e abundância, especialmente com modificações na cobertura da vegetação que podem levar a uma maior exposição à dessecação. O mesmo se espera que aconteça com outras espécies como *L. thayeri* atualmente restritas a às áreas sombreadas e lamosas do manguezal, enquanto espécies generalistas como *M. rapax* poderão invadir novos habitats. Com as mudanças distribucionais causadas pelas mudanças climáticas, é possível prever um aumento da abundância e densidade de algumas espécies, o que certamente afetará o funcionamento da comunidade e a ecologia dos manguezais.