

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Conservação nos
Trópicos/PPG-DIBICT

LUCIA VANESSA ROCHA SANTOS

**REPERTÓRIO COMPORTAMENTAL E INTERAÇÕES SOCIAIS DE MACHOS
DE *Macrobrachium acanthurus* (WIEGMANN, 1836) (CRUSTACEA,
PALAEMONIDAE) EM CONDIÇÕES CONTROLADAS**

MACEIÓ
FEVEREIRO/2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS – UFAL
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Conservação nos
Trópicos/PPG-DIBICT

LUCIA VANESSA ROCHA SANTOS

**REPERTÓRIO COMPORTAMENTAL E INTERAÇÕES SOCIAIS DE MACHOS
DE *Macrobrachium acanthurus* (WIEGMANN, 1836) (CRUSTACEA,
PALAEMONIDAE) EM CONDIÇÕES CONTROLADAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Conservação nos Trópicos, Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de Alagoas, como requisito para obtenção do título de Mestre em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS na área de Biodiversidade.

Orientador: Dr. Petrônio Alves Coelho Filho

MACEIÓ
FEVEREIRO/2021

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 - 1767

A237r Santos, Lucia Vanessa Rocha.

Repertório comportamental e interações sociais de machos de *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) (Crustacea, Palaemonidae) em condições controladas / Lucia Vanessa Rocha Santos. – 2021.
99 f. : il.

Orientador: Petrônio Alves Coelho Filho.

Dissertação (mestrado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal de Alagoas. Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Conservação nos Trópicos. Maceió, 2021.

Bibliografia: f. 92-99.

1. Comportamento animal. 2. Etograma. 3. Palaemonidae. 4. Biodiversidade - Conservação. 5. Relações intraespecíficas. I. Título.

CDU: 595.371

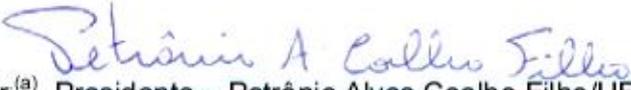
Folha de aprovação

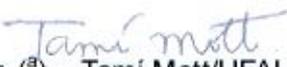
Lucia Vanessa Rocha Santos

REPERTÓRIO COMPORTAMENTAL E INTERAÇÕES SOCIAIS DE MACHOS DE *Macrobrachium acanthurus* (WIEGMANN, 1836) (CRUSTACEA, PALAEMONIDAE) EM CONDIÇÕES CONTROLADAS

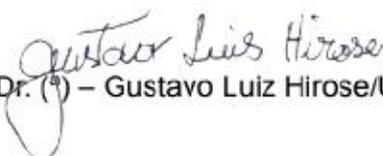
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica e Conservação nos Trópicos, Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de Alagoas, como requisito para obtenção do título de Mestre em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS na área da Biodiversidade.

Dissertação aprovada em 19 de fevereiro de 2021.


Dr.^(a) Presidente – Petrônio Alves Coelho Filho/UFAL
Orientador


Dr. (ª) – Tamí Mott/UFAL


Dr. (*) – Kleber Del Claro/UFU


Dr. (ª) – Gustavo Luiz Hirose/UFS

MACEIÓ - AL
Fevereiro/2021

Dedico a minha base familiar: meus pais Francisco (in memoriam) e Lucia, e ao meu pai de coração João Francisco, os quais jamais pouparam esforços para meu crescimento e felicidade!

AGRADECIMENTOS

A Deus por me conceder a vida, saúde, família, amigos e absolutamente tudo o que tenho, e por sempre estar ao meu lado e me dar forças para continuar;

A minha família por me ajudar e incentivar nos estudos, me dando todo o suporte necessário, seja financeiro, emocional ou psicológico;

Ao professor Sandro Santos, pela atenção, paciência, vídeo chamadas e diversos e-mails trocados, pelo auxílio nos métodos e análises da pesquisa, tendo sido fundamental na minha análise e compreensão dos resultados, permitindo que esse trabalho tenha sido realizado;

Ao meu orientador Petrônio Coelho Filho pela parceria que já dura seis anos, por ter me acolhido em seu laboratório onde eu pude ter uma ampla variedade de conhecimento;

A todos os meus amigos da Pós-Graduação, Jaqueline, Júlia Paulina, Gabriela, Júlia Vieira, Nataliana, Manãna, Arthur, Carol, Mariana por terem dividido os bons e maus momentos vividos durante o mestrado, permitindo que a carga ficasse mais leve. E por último, mas não menos especial, agradeço ao Diogo Lins, que não apenas dividiu a carga comigo, mas me ensinou a sobreviver na Pós-graduação, com seu carinho, amizade, conhecimentos estatísticos, correções, compartilhamento de informações, incentivo e parceria nos nossos artigos maravilhosos, eu certamente não teria chegado até aqui sem você!

Agradeço a minha colega de quarto Ellyda, por compartilhar comigo a experiência maravilhosa de morar só, pela amizade, companhia, risadas, aprendizado e divisão de despesas que foram fundamentais para que eu conseguisse sair do interior e me manter na capital;

Agradeço a Universidade Federal de Alagoas Campus A. C. Simões e Polo Penedo, em todo o seu corpo de funcionários, seja no âmbito educacional, tecnológico, funcionários terceirizados da limpeza, segurança e transporte, que puderam proporcionar um ambiente agradável e motivador para que eu pudesse estudar;

Agradeço a todo o corpo docente do Programa em diversidade Biológica e Conservação nos Trópicos (PPG-DIBICT) pelo compartilhamento de conhecimentos, a todos os professores que sempre se mostraram solícitos e empenhados para nosso desenvolvimento acadêmico;

A minha banca de acompanhamento continuada, Fabrício Lopes de Carvalho, Tamí Motti, e Sandro Santos pelo acompanhamento e melhorias sugeridas, e por terem reconhecido e entendido as limitações e dificuldades enfrentadas;

A professora Sônia Salgueiro que me recebeu em seu laboratório e sempre foi muito amigável e compreensiva, me permitindo ainda que eu tivesse a oportunidade de conhecer um químico maravilhoso, Wanderson, que mais que compartilhou conhecimentos comigo, mas se tornou um dos meus melhores amigos, e meu contato de emergência;

Ao Michael Carvalho pela importante contribuição com a elaboração das imagens comportamentais que foram base de todos os comportamentos que eu observei;

A todos os amigos do Laboratório de Carcinologia e Carcinicultura que me ajudaram de forma prática na manutenção dos animais, e contribuíram para que eu pudesse concluir com êxito todas as observações, em especial Aline Pereira pela amizade, parceria e companheirismo;

As minhas amigas Pietra e Lorena, que me traziam motivação e me ajudavam a sorrir em meio aos meus momentos de estresse;

Agradeço ainda a todos os meus animais, que foram a base principal desse estudo, e que em prol da ciência, foram capturados para os testes laboratoriais, permitindo que informações relevantes sejam compartilhadas com cientistas de diversas áreas e localidades, ampliando a gama de informações, para que mais esforços possam ser realizados para a conservação da espécie;

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para que eu chegasse até aqui,

Muito Obrigada!

Ergam os olhos e olhem para as alturas! Quem criou tudo isso? Aquele que põe em marcha cada estrela do seu exército celestial, e a todas chama pelo nome. Tão grande é o seu poder e tão imensa a sua força, que nenhuma delas deixa de comparecer! Eu reconheço que para ti nada é impossível e que nenhum dos teus planos pode ser impedido. Tu perguntaste: “quem é esse que obscurece o meu conselho sem entendimento?” Na verdade, falei do que não entendia, coisas tão maravilhosas que eu não poderia saber. Antes eu te conhecia só por ouvir falar, mas agora eu te vejo com os meus próprios olhos (Is 40:26; Jó 42-1-3,5).

RESUMO

O comportamento animal vem sendo uma ferramenta importante para compreender a biologia, ecologia, e ações desempenhadas pelas espécies. Com as alterações ambientais, degradação de hábitat, e ambientes de cultivo em expansão, o conhecimento do comportamento normal das espécies é um forte aliado para contribuir com a conservação e bem estar animal. Neste estudo, buscamos pela primeira vez entender os padrões comportamentais exibidos por machos do camarão de água doce *Macrobrachium acanthurus*, descrevendo todos os padrões comportamentais exibidos. Além disso, buscamos compreender como a luminosidade interfere no ciclo de atividade, e se a variação morfológica do própodo exerce influência nas atividades diárias da espécie. Para isso, testes laboratoriais foram realizados, onde foi possível controlar as variáveis do ambiente, simulando um ambiente semelhante ao natural. Dois grupos experimentais foram filmados durante 5 dias consecutivos, um grupo em fase clara simulando o fotoperíodo diurno, e o outro grupo em fase escura simulando o fotoperíodo noturno, durante 80 horas de observação. Os resultados nos permitiram identificar 32 atos comportamentais divididos em oito categorias que correspondem a comportamentos de locomoção, escavação, inatividade, alimentação, limpeza, abordagem e distanciamento. As filmagens revelaram que os animais apresentam atividade durante todas as faixas de horário, porém, tendem a se manter inativos durante o dia, apresentando maior nível de atividade sob baixa luminosidade, fazendo com a espécie seja classificada como crepuscular/noturna. Durante a fase escura, o comprimento do própodo teve relação com os comportamentos de atividade, mas sem apresentar relação com os comportamentos agressivos. Isso mostra que os caracteres morfológicos relacionados ao maior tamanho de própodo, e coloração mais escura dos animais são características determinantes para a formação de domínio, demonstrando que as interações agressivas não são as únicas ferramentas utilizadas para a organização social da espécie.

Palavras-chave: Comportamento; etograma; camarão; conservação; relações intraespecíficas.

ABSTRACT

Animal behavior has been an important tool to understand the biology, ecology, and actions performed by species. With environmental changes, habitat degradation, and growing cultivation environments, knowledge of the normal behavior of species is a strong ally to contribute to conservation and animal welfare. In this study, we sought for the first time to understand the behavioral patterns exhibited by males of the freshwater shrimp *Macrobrachium acanthurus*, describing all exhibited behavioral patterns. In addition, we seek to understand how luminosity interferes in the activity cycle, and if the morphological variation of the propod influences the daily activities of the species. For this, laboratory tests were carried out, where it was possible to control the environment variables, simulating an environment similar to the natural one. Two experimental groups were filmed for 5 consecutive days, one group in light phase simulating daytime photoperiod, and the other group in dark phase simulating nighttime photoperiod, during 80 hours of observation. The results allowed us to identify 32 behavioral acts divided into 8 categories that correspond to locomotion, digging, inactivity, feeding, cleaning, approach and distance. The footage revealed that the animals show activity during all time bands, however, they tend to remain inactive during the day, presenting a higher level of activity in low light, causing the species to be classified as twilight/night. During the dark phase, the length of the propod was related to activity behaviors, but not related to aggressive behaviors. This shows that the morphological characters related to the larger size of the propod and the darker color of the animals are determining characteristics for domain formation, demonstrating that aggressive interactions are not the only tools used for the social organization of the species.

Key-words: Behavior; ethogram; shrimp; conservation; intraspecific relationships.

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 Um breve Histórico do comportamento animal	13
2.2 Comportamento animal	15
2.3 Ritmos biológicos e Ciclo Claro-Escuro	16
2.4 Crustáceos de água-doce	17
2.5 Caracterização da espécie de estudo.....	19
Referências	22
3 MANUSCRITO 1: Padrões comportamentais de machos de Macrobrachium acanthurus (Wiegmann, 1836) em condições controladas (Crustacea, Palaemonidae).....	30
Introdução.....	32
Material e Métodos.....	34
Resultados.....	38
Discussão.....	48
Conclusão	55
Referências	56
4 MANUSCRITO 2: Análise circadiana revela hábito noturno do camarão Macrobrachium acanthurus (Crustacea-Palaemonidae).....	67
Introdução.....	69
Material e Métodos.....	71
Resultados.....	78
Discussão	86
Conclusão	90
Referências	91
5 CONCLUSÃO	98

1 APRESENTAÇÃO

Macrobrachium acanthurus é uma espécie de camarão de água doce nativa das Américas (MELO, 2003) de importante interesse econômico, seja devido ao seu potencial para cultivo, ou por ser amplamente capturada por pescadores locais, ao longo de toda a sua faixa de ocorrência (VALENTI, 1985; FREIRE; MARQUES; SILVA, 2012; MANTELATTO et al., 2016).

Os ambientes de água doce da América do Sul, que são habitat da espécie vêm sendo amplamente alterados (BOND-BUCKUP; BUCKUP, 1999) devido a poluição dos rios, destruição dos ecossistemas costeiros, pesca excessiva com captura de fêmeas ovígeras (MEDEIROS et al., 2014; SANTOS; FONTELES-FILHO, 2016), e introduções biológicas (ARAÚJO; VALENTI, 2005). Esses fatores podem estar interferindo diretamente na sobrevivência e manutenção dessa espécie.

Neste estudo, utilizamos machos da espécie *M. acanthurus* para compreender aspectos de sua biologia relacionados a: I) repertório comportamental que a espécie exhibe; II) atividade da espécie durante um ciclo de 24 horas; III) influência do tamanho dos quelípodas em relação aos níveis de atividade e interações sociais agressivas. Estruturalmente, esta dissertação é composta por três capítulos. O primeiro capítulo é composto por uma revisão de literatura que embasa conceitualmente os leitores. O segundo capítulo é composto por um artigo de caráter descritivo intitulado “Padrões comportamentais de *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) machos em condições controladas (Crustacea, Palaemonidae)”, no qual apresentamos todos os padrões comportamentais exibidos pelos machos da espécie de forma detalhada. Já no terceiro capítulo consta o artigo “Análise circadiana revela hábito noturno do camarão *Macrobrachium acanthurus* (CRUSTACEA-PALAEMONIDAE)”, onde nós buscamos testar a hipótese que *M. acanthurus* é uma espécie de hábitos noturnos, que tem os níveis de atividade, determinação de posição hierárquica e comportamentos agressivos influenciados pelo tamanho dos quelípodas. Ambos manuscritos estão formatados para serem submetidos a revista *Ethology, Ecology & Evolution*.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Um breve histórico do comportamento animal

O interesse humano pelo comportamento animal é antigo, e pode ser observado a partir de pinturas rupestres em cavernas, onde os homens pré-históricos representavam os animais com diversas finalidades (alimentação, defesa, conhecimento) (DEL-CLARO, 2004; 2010). Porém, o marco inaugural desta temática se deu com a mais famosa das obras de Charles Darwin “A Origem das espécies” onde ele demonstrou seu interesse e curiosidade em compreender os mecanismos animais, e registrou inúmeras informações observadas (DEL-CLARO, 2004; 2010; YAMAMOTO; VOLPATTO, 2007). Em um livro posterior, “A Expressão das Emoções no Homem e nos Animais” (1873), Darwin faz descrições do comportamento ressaltando que as mentes de homens e animais tinham diferenças apenas de complexidade, e dessa forma seria possível compreender a mente e as emoções humanas através do estudo de animais (YAMAMOTO; VOLPATTO, 2007).

Em 1960 houve o grande marco que consolidou a etologia, através dos pesquisadores Karl Von Frisch, Konrad Lorenz, e Nikolaas Tinbergen. Von Frisch dedicou anos de sua vida estudando abelhas e descreveu um comportamento instintivo que intitulou como “a danças das abelhas”. Ele observou que existem movimentos distintos quando esses animais retornam a colmeia após sair em busca de alimento, e os movimentos variam de acordo com a distância em que a colmeia se encontra do alimento, sendo o sol a bússola principal utilizada por elas (VON FRISCH, 1967).

Lorenz, fez uma importante descoberta ao estudar gansos cinzentos descrevendo um comportamento inato de aves, denominado “Imprinting” ou aprendizado por estampagem, onde percebeu que quando os ovos dos gansos eclodiam, os recém nascidos atribuíam a imagem de mãe ao primeiro ser vivo que eles observassem.

Já Tinbergen, descobriu uma sequência de comportamentos estereotipados de natureza inata e genética, que são deflagrados por um estímulo sinal, e que são expressados até que o padrão se complete, o que denominou de padrão fixo de ação (PFA) (SALDANHA, 1973). Além disso, as quatro questões propostas por ele para estudar o comportamento animal, são bases desses estudos até hoje (TINBERGEN, 1963). As descobertas comportamentais desses três pesquisadores traziam um ar naturalista com um enfoque evolutivo, que resultou em 1973 com a conquista do prêmio Nobel em Medicina ou Fisiologia (MUNHÖZ-DELGADO; MORENO, 2007; WESSEL, 2013; FERICEAN; RADA; BADILITA, 2015).

Diante disso, o estudo do comportamento se difundiu em linhas e pesquisas, e as pesquisas começaram a se distinguir entre respostas inatas e aprendidas, ligadas a dois conceitos clássicos: instinto e aprendizagem. Enquanto os etólogos davam mais ênfase ao estudo do comportamento instintivo através da observação naturalística, orientada naquela época quase exclusivamente pelos estudos de Pavlov sobre o reflexo condicionado, os psicólogos da aprendizagem utilizavam de métodos experimentais em laboratório, e estudavam o comportamento operante, e os processos do Behaviorismo compostos por: comportamento; reforço; aprendizagem, propostos por Skinner (SALDANHA, 1973).

Com o aumento das pesquisas, no ano de 1960, a etologia chegou ao Brasil através do prof. Dr. Walter Hugo de Andrade Cunha, considerado o introdutor do estudo da Psicologia Animal e da Etologia no Brasil, era professor da Universidade de São Paulo- USP (ADES, 2010), e assumiu a disciplina de Psicologia Comparada do curso de Psicologia, onde foi aos poucos incluindo Konrad Lorenz e Niko Tinbergen na literatura da disciplina, e em particular, empenhava suas pesquisas para entender o comportamento de formigas *Paratrechina (Nylanderia) fulva*, que foi objeto central de sua tese apresentada em 1966 (OTTA; GUERRA; BUSSAB, 2013).

Mais tarde, em 2004, intitulado como “On the panic reactions of ants to a crushed conspecific: a contribution to a psychoethology of fear”, algumas das observações de sua tese foram finalmente publicadas na Revista de Etologia, em uma seção destinada à publicação de textos raros ou de difícil acesso, relevantes para a compreensão do desenvolvimento do estudo do comportamento animal (ADES, 2004). Avaliando a desorganização do carreiro de formigas, pelo exame dos feromônios ou substâncias de alarme liberados pelo esmagamento, Cunha mostrava que as formigas usam a experiência passada em suas interações com o ambiente, e que as reações de retorno, correria, busca de refúgio e outras mudanças comportamentais mais ou menos precipitadas, têm determinantes comportamentais próprios (ADES, 2004; CUNHA, 2004).

Com os caminhos abertos, inúmeros outros pesquisadores no Brasil começaram a dedicar esforços para entender o comportamento dos animais em suas diversas áreas, e atualmente existem 149 grupos de pesquisa, distribuídos em Universidades Brasileiras de quase todos os estados da Federação, com várias disciplinas e abordagens de investigação como: Cognição Animal, Psicologia Comparativa, Neuroetologia, Etologia Aplicada, Bem-Estar Animal, Comunicação Animal, Evolução do Comportamento e Ecologia Comportamental (SBET, 2020). Assim, com a diversidade de áreas e inovações metodológicas, o comportamento

animal passou a constituir o objeto primordial nas investigações etológicas (SALDANHA, 1973).

2.2 Comportamento animal

O comportamento animal engloba várias disciplinas com diferentes objetivos, embora todos sejam complementares (YAMAMOTO; VOLPATTO, 2007), e é entendido como o conjunto de todos os atos que um animal realiza ou deixa de realizar (DEL-CLARO, 2004, 2010). De acordo com Brown e Laland (2002), o estudo do comportamento trata da investigação de amplas questões, que incluem não apenas aquelas relativas ao comportamento desenvolvido durante o período de vida de um indivíduo, mas também as relativas à evolução do comportamento (YAMAMOTO; VOLPATTO, 2007).

De modo geral, o comportamento animal busca descrever e entender o comportamento a partir de um grupo observado. Dessa forma, quando descrevemos o comportamento de um animal, estamos buscando caracterizar o comportamento de um grupo maior, pois consideramos que os demais indivíduos se comportam da mesma forma que o organismo estudado, mesmo que existam exceções (YAMAMOTO; VOLPATTO, 2007).

O comportamento pode ser analisado de diversas formas, como do ponto de vista da organização social do grupo. A vida social é, provavelmente, uma estratégia de vida complexa e eficaz, que determina a sobrevivência e o sucesso reprodutivo de muitos organismos (CHOE, 2019). Pode ser analisado também a partir da elaboração de etogramas que nada mais são do que um grupo de descrições dos atos comportamentais (BROWN, 1975; DEL-CLARO, 2002; YAMAMOTO; VOLPATTO, 2007), onde o comportamento é organizado em categorias, que podem ser usadas para entender a biologia, comportamento individual ou de grupo das espécies, em condições de naturais ou em ambiente controlado (DEL-CLARO, 2004; ALCOCK, 2011).

Etogramas de vários grupos taxonômicos já foram descritos, desde aves (DA SILVA; CABRAL; FERREIRA, 2018), Insetos (TIZO-PEDROSO; DEL-CLARO, 2005; PÁEZ-RONDÓN et al., 2018; CHIAPPA; MANDUJANO; RIVEROS, 2020; TRIANA et al., 2020), anfíbios (MEZA-PARRAL et al., 2020), buscando descrever comportamentos reprodutivos (LINDBORG et al., 2019), agonísticos (DOLOSTO et al., 2013), dentre outros. Esses estudos trazem informações precisas sobre os atos que são elaborados especificamente a partir de padrões dos comportamentos do grupo (YAMAMOTO; VOLPATO, 2011). Enumerar os atos comportamentais da espécie e compreender seus significados é importante na análise de vida,

e principalmente para entender os significados da comunicação, comportamento social e organização social (MASATOMI, 2004).

2.3 Ritmos biológicos e Ciclo Claro-Escuro

Outro importante tópico que fornece informações precisas sobre o comportamento de uma espécie é a respeito de como ela reage aos ciclos biológicos. Todos os seres vivos são submetidos a ciclos naturais que ocasionam mudanças no ambiente, necessitando que o organismo tenha uma preparação para as variações que irão ocorrer. Por exemplo, é necessário que os organismos estejam prontos para o amanhecer e para todas as demais fases que devem ocorrer dentro das 24 horas do dia (MARKUS; BARBOSA JUNIOR; FERREIRA, 2003). Para isso, todas as formas de vida exibem alterações fisiológicas ou comportamentais, com certos padrões que podem ser repetitivos, denominamos isso de ritmos biológicos (MARQUES et al., 1991). Essa definição abrange tanto ritmos gerados endogenamente, como ritmos que são provocados diretamente pelas variações que ocorrem regularmente no ambiente (YAMAMOTO; VOLPATO, 2011).

Os ritmos biológicos tem períodos distribuídos em uma gama de intervalos, e podem ser denominados de ultradianos que se referem a ciclos com menos de 24 horas, infradianos que são os ciclos com duração superior à 28 horas ou circadianos quando se referem ao ciclo de dia solar, variando de 20 à 28 horas (REILLY; ATKINSON; WATERHOUSE, 2000).

Os ritmos circadianos estão associados ao ciclo claro-escuro, sendo este o principal ciclo ambiental sincronizador que determina o ritmo de atividade e repouso dos animais (HERRERO; MADRID; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, 2003; SCHULZ; LEUCHTENBERGER, 2006; VERA et al., 2007). Ele é gerado devido à rotação da Terra em torno de seu eixo, que proporciona duas condições diárias: dia e a noite (ROENNEBERG; MERROW, 2016). Para lidar com as mudanças previsíveis do dia e da noite, a maioria das espécies desenvolveu relógios circadianos que permitem uma antecipação de eventos recorrentes diários (ARAÚJO; MARQUES, 2003). A partir disso existe uma organização temporal interna na fisiologia dos organismos que possibilita a sincronização ao ambiente externo. Dessa forma as variações luminosas permitem que os animais se preparem para as mudanças ambientais periódicas e regulares que acontecem com a mudança da luminosidade (CHALLET; PÉVET, 2003; DAVIDSON; MENAKER, 2003)

Para que exista um ritmo circadiano é necessário que alguma estrutura opere como um marcapasso, mesmo na ausência de pistas externas. (MARKUS; BARBOSA JUNIOR; FERREIRA, 2003). Dessa forma, a informação é processada e transmitida ao oscilador endógeno por vias aferentes influenciados pelos fotoperíodos, de forma que o organismo consegue ajustá-lo diariamente (MURPHY; CAMPBELL, 1996; REPERT; WEAVER, 2001; TOMOTANI; ODA, 2012).

Sendo assim, as mudanças ambientais atuam como um sincronizador dos ritmos biológicos em suas periodicidades, amplitudes e fases (RENSING; RUOFF, 2002; VERA et al., 2009), o que sugere que o organismo responde diretamente aos estímulos cíclicos do ambiente (CRUZ, 2007; TOMOTANI; ODA, 2012).

Mudanças diárias e anuais marcadas pelo ciclo claro e escuro são os estímulos mais importantes nas respostas dos seres ao ambiente (FALCÓN et al., 2007), pois muitas espécies apresentam comportamento sincronizado em ciclos de 24 horas de claro/escuro (CRUZ, 2007).

Além disso, todos os animais apresentam momentos de maior atividade e momentos de descanso, e esse momento no qual a atividade se concentra é denominado como a “fase” do ritmo de atividade. Dependendo dessa fase, os animais são tradicionalmente classificados como diurnos, noturnos ou crepusculares (CRUZ, 2007; LEVY; DAYAN; KRONFELD-SCHOR, 2007; TOMOTANI; ODA, 2012).

Como exemplos de animais crepusculares, os crustáceos tem sido bons modelos para se entender como a variação de luminosidade interfere no comportamento dos animais, principalmente sendo observados em ambiente de laboratório onde é possível fazer minimizar as dificuldades encontradas no campo para a obtenção dos dados (TOMOTANI; ODA, 2012).

2.4 Crustáceos de água-doce

Um importante grupo dentre os crustáceos são os camarões de água-doce. Representados por todos os crustáceos decápodos carídeos, pertencem principalmente as famílias Palaemonidae e Atyidae (MELO, 2003). A família Palaemonidae Rafinesque, 1815 tem ampla distribuição geográfica, ocupando uma imensa diversidade de ambientes (RAMOS-PORTO; COELHO, 1998; MELO, 2003). Mundialmente, é representada por 130 gêneros e cerca de 1000 espécies (MANTELATTO et al., 2016), com aproximadamente 64 em território Brasileiro (RAMOS-PORTO; COELHO, 1998; MELO, 2003; FERREIRA; VIEIRA; D'INCAO, 2010)

A maioria das espécies de camarões de água doce pertence ao gênero *Macrobrachium* (BATE, 1868) (Família Palaemonidae), que se caracteriza pela presença dos primeiros dois pares de pereópodos quelados, sendo o segundo par maior que o primeiro, carpo não subdividido, e rostro dentado (WILLIAMS, 1984) (Figura 1). Com 210 espécies e ampla distribuição geográfica, ocorrem comumente nas regiões tropicais e subtropicais do planeta (SHORT, 2004).

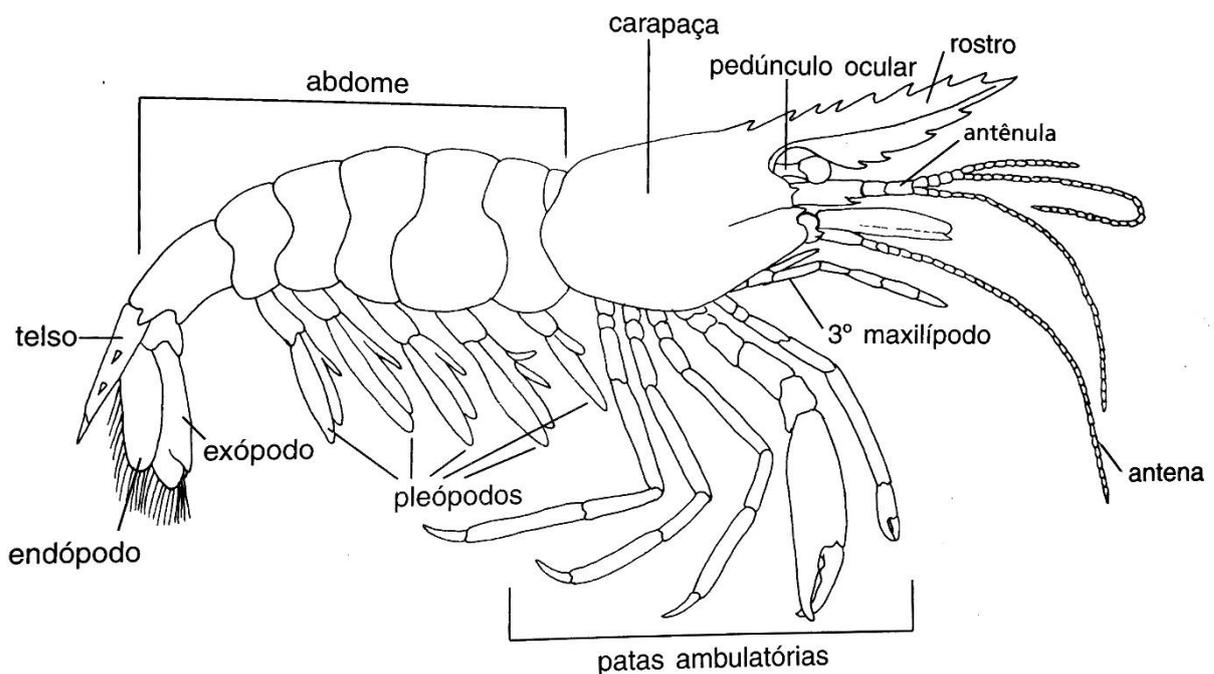


Figura 1- Vista atômica lateral de um camarão macho do gênero *Macrobrachium*, com a identificação das estruturas externas. Adaptado de Melo (2003).

Comum em ecossistemas de água doce (MAGALHÃES, 2000) suas espécies apresentam comportamentos agressivos, territorialistas e canibais por natureza (KARPLUS; HULATA; ZAFRIR, 1992) levando a maiores encontros entre co-específicos, muitas vezes resultando na perda de quelípodos que são os órgãos principais de ataque e defesa (MARIAPPAN; BALASUNDARAM, 1999).

No Brasil, são encontradas 18 espécies. Algumas dessas apresentam expressiva importância econômica como *M. amazonicum*, *M. carcinus* e *M. acanthurus* (VALENTI, 1998; MANTELATTO; BARBOSA, 2005), sendo esta última a espécie modelo para este estudo.

2.5 Caracterização da espécie de estudo

Macrobrachium acanthurus, mais conhecido como camarão canela ou camarão comum (KUTTY; VALENTI, 2010), foi descrita pela primeira vez em 1936 por Wiegmann, sua nomenclatura é derivada de termos gregos onde “makros” significa longo ou grande, “brakhion” significa braço, e “akanthos” é referente a ponta ou espinho (ISHIKAWA, 2013; SILVA, 2014).

Como o nome sugere, os exemplares da espécie apresentam espínulos ou dentículos em várias regiões do corpo como dáctilo, palma, carpo do segundo par maior de quelípodes, e em todos os segmentos das 3 últimas patas ambulatórias, contando ainda com a presença de 9-11 dentes na margem superior do rostro e de 4-6 na margem inferior, carapaça lisa com cerdas curtas, e dedos do quelípodo cobertos por distintas pubescências aveludadas, sendo essas características observadas para sua identificação taxonômica e diferenciação das demais espécies (MELO, 2003) (Figura 2).

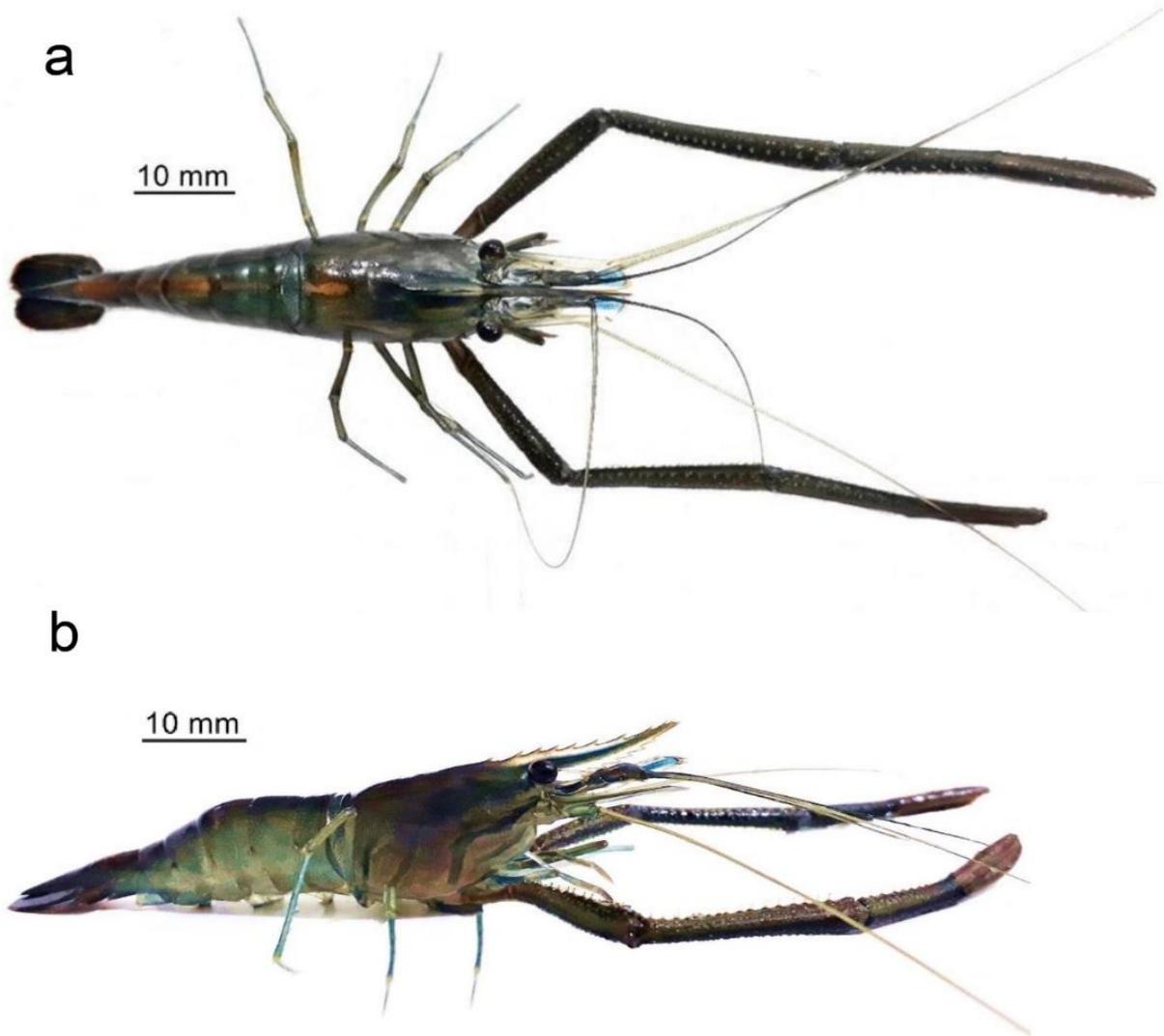


Figura 2- *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann 1836) macho: (a) Vista dorçal, (b) Vista lateral.

Fonte: a autora, 2021.

É nativa das Américas, se distribuindo desde a Carolina do Norte, passando por toda a costa da América do Sul, chegando até o Sul do Brasil (VALENTI; MELLO; LOBÃO, 1989; ANGER, 2013; PILEGGI et al., 2014). É uma espécie de camarão de água doce bastante encontrada em estuários e rios até aproximadamente 300 km distantes do estuário (COELHO, 1963), baías, e pequenas lagoas que deságuam no Oceano Atlântico, sendo abundante em sua área de ocorrência, com subpopulações com grande número de indivíduos, onde destaca-se pelo alto potencial para pesca por comunidades costeiras (MANTELATTO et al, 2016).

Apresenta hábito alimentar onívoro e dieta variada composta principalmente por organismos da macrofauna bentônica, macroalgas e detritos (ALBERTONI; PALMA-SILVA;

ESTEVEES, 2003). Pode ser encontrado associado a pedras, rochas, tocas, fendas, troncos submersos, debaixo de árvores mortas ou entre as raízes e folhas da vegetação aquática marginal onde encontram refúgio (COELHO, 1963; MELO, 2003).

Mesmo passando a maior parte da vida em água-doce, essa espécie apresenta a capacidade de se adaptar a diferentes concentrações de salinidade (FOSTER et al., 2010), e assim como outras espécies do gênero é considerada anfídroma, onde as fêmeas migram para estuários para concluir seu ciclo reprodutivo (ALBERTONI; PALMA-SILVA; ESTEVES, 2002; MELO, 2003; BAUER, 2013). Se reproduzem durante todo ano, mas apresenta maior intensidade no verão, entre dezembro e janeiro (SAMPAIO; VALENTI, 1996; BERTINI; BAEZA; PEREZ, 2014). Com alta fecundidade, as fêmeas conseguem produzir uma grande quantidade de ovos pequenos (ALBERTONI; PALMA-SILVA; ESTEVES, 2002) que são carregados pelas fêmeas nas pleuras abdominais e cerdas ovígeras dos pleópodos, isso acaba resultando numa maior sobrevivência dos ovos, sendo uma vantagem reprodutiva da espécie (CARVALHO et al., 1979; MÜLLER et al., 1999). As larvas eclodem em uma fase inicial denominada zoea, e apresentam um período larval longo, passando por 9-11 estágios larvais em estuários, necessitando de um período de 30 a 40 dias para completar a metamorfose (BERTINI; BAEZA; PEREZ, 2014), e após a metamorfose migram rio acima para se integrarem aos adultos (BAUER, 2011; FUKUDA et al., 2016). Devido a características como resistência a doenças e rápido crescimento, (GASCA-LEYVA; MARTINEZ-PALACIOS; ROSS, 1991), facilidade de manutenção e reprodução em cativeiro com alta taxa de sobrevivência (NEW, 2002), é uma das espécies de camarão de água doce com alto potencial de cultivo.

Ao longo dos anos, uma gama de trabalhos buscou entender o funcionamento da espécie, na área de estrutura populacional (MULLER et al., 1999), padrões de crescimento (VALENTI; LOBÃO; MELO, 1989) aspectos populacionais e reprodutivos (ALVAREZ et al., 2001; ALBERTONI; PALMA-SILVA; ESTEVES, 2002; TAMBURUS; MOSSOLIN; MANTELATTO, 2012; BERTINI; BAEZA; PEREZ, 2014), distribuição geográfica (COELHO; RAMOS-PORTO, 1985), desenvolvimento larval e embrionário (DOBKIN, 1971; AMMAR; MÜLLER; NAZARI, 2001), cultivo, (RODRIGUES; VETORELLI; ARAÚJO, 2017), e pesca (CARMO; COELHO-FILHO; OLIVEIRA, 2015)

Contudo, ainda não existem informações precisas que abordem o repertório comportamental da espécie e nem informações precisas de como o ciclo de claro/escuro influencia em seu comportamento.

REFERÊNCIAS

- ADES, C. ADES, César. Um primeiro documento. **Revista de Etologia**, v. 6, n. 2, p. 131-132, 2004., v. 6, n. 2, p. 131–132, 2004.
- ADES, C. Do bicho que vive de ar, em diante: uma pequena história da Etologia no Brasil. **Boletim Academia Paulista de Psicologia**, v. 78, n. 1, p. 90–104, 2010.
- ALBERTONI, E. F.; PALMA-SILVA, C.; ESTEVES, F. D. A. Distribution and growth in adults of *Macrobrachium acanthurus* Wiegmann, (Decapoda, Palaemonidae) in a tropical coastal lagoon, Brazil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 19, p. 61- 70., 2002.
- ALBERTONI, E. F.; PALMA-SILVA, C.; ESTEVES, F. D. A. Natural diet of three species of shrimp in a tropical coastal lagoon. **Brazilian archives of biology and technology**, v. 46, n. 3, p. 395–403, 2003.
- ALCOCK, J. **Comportamento Animal – Uma Abordagem Evolutiva**. 9^a ed. 2011.
- AMMAR, D.; MÜLLER, Y. M. R.; NAZARI, E. M. Biologia reprodutiva de *Macrobrachium olfersii* (Wiegman) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae) coletados na Ilha de Santa Catarina, Brasil. **Revista brasileira de Zoologia**, v. 18, n. 2, p. 529–537, 2001.
- ANGER, K. Neotropical *Macrobrachium* (Caridea: Palaemonidae): on the biology, origin, and radiation of freshwater-invading shrimp. **Journal of Crustacean Biology**, v. 33, n. 2, p. 151–183, 2013.
- ALVAREZ, F.; MEJÍA-ORTÍZ, L.; VICCON-PALE, J.; ROMÁN, R. Fecundity and distribution of freshwater prawns of the genus *Macrobrachium* in the Huitzilapan River, Veracruz, Mexico. **Crustaceana**, 74(1), 69-77, 2001.
- ARAÚJO, J. .; MARQUES, N. Intermodulação de frequências dos ritmos biológicos. In Marques, N. Menna-Barreto, L. In: PAULO, E. DA U. DE S. (Ed.). . **Cronobiologia: Princípios e aplicações**. 3. ed. São Paulo, p. 99–117, 2003
- ARAUJO, M. C.; VALENTI, W. C. Manejo alimentar de pós-larvas do camarão-da-amazônia, *Macrobrachium amazonicum*, em berçário I. **Acta Scientiarum**. Animal Sciences, v. 27, n. 1, p. 67-72, 2005.
- BAUER, R. T. Amphidromy and migrations of freshwater shrimps. Costs, benefitts, evolutionary origins, and an unusual casa of amphidromy. In: A. Asakura. New frontiers in crustacean biology. **Proceedings of the TCS Summer Meeting, Tokyo**, p. 145–156, 2011.
- BAUER, R. T. Amphidromy in shrimps: a life cycle between rivers and the sea. **Latin American Journal of Aquatic Research**, v. 41, n. 4, p. 633- 650., 2013.
- BERTINI, G.; BAEZA, J. A.; PEREZ, E. A test of large-scale reproductive migration in

females of the amphidromous shrimp *Macrobrachium acanthurus* (Caridea : Palaemonidae) from south-eastern Brazil. **Marine and Freshwater Research**, v. 65, p. 81–93, 2014.

BOLGAN, M.; O'BRIEN, J.; GAMMELL, M. The behavioural repertoire of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* (L.)) in captivity: a case study for testing ethogram completeness and reducing observer effects. **Ecology of Freshwater Fish**, v. 25, n. 2, p. 318–328, 2016.

BOND-BUCKUP G.; BUCKUP, L. Caridea (pitu, camarões de água doce e marinhos). In: Buckup L, Bond-Buckup G. **Os crustáceos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 300-318, 1999.

BROWN, C.; LALAND, K. N. Social learning of a novel avoidance task in the guppy: conformity and social release. **Animal Behaviour**, v. 64, n. 1, p. 41–47, 2002.

BROWN, J. L. **The evolution of behavior**. New York: 1975.

CARMO, K. A.; COELHO-FILHO, P. A.; OLIVEIRA, T. R. A. A pesca e o pescador de camarão do Baixo São Francisco – O caso da comunidade de Ponta Mofina, Penedo. **Revista de Desenvolvimento Econômico – RDE - Ano XVII - Edição especial .**, p. 523–539, 2015.

CARVALHO, H. A. et al. Sobre a Biologia do Pitu - *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) em Populações Naturais da Ilha de Itaparica. **Universitas, Salvador**, v. 24, p. 25–45, 1979.

CAVRARO, F.; TORRICELLI, P.; MALAVASI, S. Quantitative ethogram of male reproductive behavior in the south european toothcarp *Aphanius fasciatus*. **The Biological Bulletin**, v. 225, n. 2, p. 71–78, 2013.

CHALLET, E.; PÉVET, P. Interactions between photic and nonphotic stimuli to synchronize the master circadian clock in mammals. **Frontiers in Bioscience**, v. 8, p. 246-s257, 2003.

CHIAPPA, E.; MANDUJANO, V.; RIVEROS, G. Etograma y análisis de los sonidos realizados por los machos durante la cópula en *Colletes musculus* (Friese) (Hymenoptera: Colletidae). **Revista Chilena de Entomología** , 46 (4).2020.

CHOE, J.C. **Encyclopedia of Animal Behavior** (2nd edn), Academic Press. 2019.

COELHO, P. A. Observações preliminares sobre a biologia ea pesca dos camarões do gênero *Macrobrachium* Bate, 1868 (Decapoda Palaemonidae) no Estado de Pernambuco. **Trabalhos do Instituto Oceanográfico da Universidade Federal Rural de Pernambuco**, v. 3, p. 75–81, 1963.

COELHO, P. A.; RAMOS-PORTO, M. Sinopse dos crustáceos decápodos brasileiros (famílias Scyllaridae, Palinuridae, Nephropidae, Parastacidae e Axiidae). **Anais da Universidade Federal Rural de Pernambuco**, v. 8, n. 10, p. 47–101, 1985.

- CRUZ, J. G. P. Ritmo circadiano e atividade locomotora em *Bothrops jararacussu*. **Biotemas**, v. 20, n. 3, p. 55–61, 2007.
- CUNHA, W. H. A. CUNHA, Walter Hugo de Andrade. On the panic reactions of ants to a crushed conspecific: a contribution to a psychoethology of fear. **Revista de Etologia**, v. 6, n. 2, p. 133–140, 2004.
- DA SILVA, T. L.; CABRAL, R. B. G.; FERREIRA, I. Comportamento e abundância sazonal de Neotropic Cormorant *Nannopterum brasilianus* (Gmelin, 1789) no sudeste, Brasil. **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 26, n. 4, pág. 219-226, 2018.
- DAVIDSON, A. J.; MENAKER, M. Birds of a feather clock together—sometimes: social synchronization of circadian rhythms. **Current opinion in neurobiology**, v. 13, n. 6, p. 765–769, 2003.
- DEL-CLARO, K. **Uma Orientação ao Estudo do Comportamento Animal**. Uberlândia: 2002.
- DEL-CLARO, K. **Comportamento Animal: Uma Introdução à Ecologia Comportamental**. 1a ed. 2004.
- DOBKIN, S. Uma contribuição para o conhecimento do desenvolvimento larval de *Macrobrachium Acanthurus* (Wiegmann, 1836) (Decapoda, Palaemonidae) 1. **Crustaceana**, v. 21, n. 3, pág. 294-297, 1971.
- FALCÓN, J. et al. Melatonin effects on the hypothalamo-pituitary axis in fish. **Trends Endocrinology & Metabolism**, v. 18, p. 81–88, 2007.
- FERICEAN, M. L.; RADA, O.; BADILITA, M. The history and development of ethology. **Research Journal of Agricultural Science**, v. 47, n. 2, p. 45–51, 2015.
- FERREIRA, R. S.; VIEIRA, R. R. R.; D'INCAO, F. The marine and estuarine shrimps of the Palaemoninae (Crustacea: Decapoda: Caridea) from Brazil. **Zootaxa**, v. 2606, p. 1–24, 2010.
- FOSTER, C. et al. Do osmoregulators have lower capacity of muscle water regulation than osmoconformers? A study on decapod crustaceans. **Journal of Experimental Zoology Part A: Ecological Genetics and Physiology**, v. 80-94., n. 2, p. 80–94, 2010.
- FREIRE, J. L.; MARQUES, C. B.; SILVA, B. B. Estrutura populacional e biologia reprodutiva do camarão-da-Amazônia *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862) (decapoda:palaemonidae) em um estuário da região nordeste do Pará, Brasil. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 16, n. 2, p. 65-76, 2012.
- FUKUDA, T. et al. Software development for estimating the concentration of radioactive cesium in the skeletal muscles of cattle from blood samples. **Animal Science Journal**, v. 87,

n. 6, p. 842–847, 2016.

GASCA-LEYVA, J. F. E.; MARTINEZ-PALACIOS, C. A.; ROSS, L. G. The respiratory requirements of *Macrobrachium acanthurus* (Weigman) at different temperatures and salinities. **Aquaculture**, v. 93, n. 2, p. 191–197, 1991.

HENRIQUE, C. A. H.; PIRATELLI, A. Etograma da garça-branca-grande, *Casmerodius albus* (Ciconiiformes, Ardeidae). **Revista Brasileira de Ornitologia**, v. 16, n. 3, p. 185–192, 2008.

HERRERO, M. J.; MADRID, J. A.; SÁNCHEZ-VÁZQUEZ, F. J. Entrainment to light of circadian activity rhythms in tench (*Tinca tinca*). **Chronobiology international**, v. 20, n. 6, p. 1001–1017, 2003.

ISHIKAWA, W. *Macrobrachium acanthurus*. Planeta invertebrados. Disponível em: http://www.planetainvertebrados.com.br/index.asp?pagina=especies_ver&id_categoria=24&id_subcategoria=19&com=1&id=68&local=2. Acessado em : 15/01/2021.

KARPLUS, I. et al. Social control of growth in *Macrobrachium rosenbergii*: I. The effect of claw ablation on survival and growth of communally raised prawns. **Aquaculture**, v. 80, n. 3–4, p. 325–335, 1989.

KARPLUS, I.; HULATA, G.; ZAFRIR, S. Social control of growth in *Macrobrachium rosenbergii*. IV. The mechanism of growth suppression in runts. **Aquaculture**, v. 106, n. 3–4, p. 275–283, 1992.

KUNZ, A. K.; FORD, M.; PUNG, O. J. 1 April 2006 Behavior of the Grass Shrimp *Palaemonetes pugio* and its Response to the Presence of the Predatory Fish *Fundulus heteroclitus*. **The American Midland Naturalist**, v. 155, n. 2, p. 286–294, 2006.

KUTTY, M. N.; VALENTI, W. C. Culture of other freshwater prawn species. Freshwater prawns: biology and farming. **Blackwell Publishing, Oxford**, p. 502–523, 2010.

LEVY, O.; DAYAN, T.; KRONFELD-SCHOR, N. The relationship between the golden spiny mouse circadian system and its diurnal activity: an experimental field enclosures and laboratory study. **Chronobiology International**, v. 24, p. 599–613, 2007.

LINDBORG, R.; NEIDHARDT, E.; SMITH, J. R.; SCHWARTZ, B.; HERNANDEZ, V.; SAVAGE, A.; WITHERINGTON, B. An ethogram describing the nesting behavior of green sea turtles (*Chelonia mydas*). **Herpetologica**, 75(2), 114-122.(2019)

MAGALHÃES, C. Abbreviated larval development of *Macrobrachium jelskii* (Miers, 1877) (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) from the rio Solimões floodplain, Brazil, reared in the laboratory. *Nauplius*, v. 8, n. 1, p. 1-14, 2000.

MANTELATTO, F. L. M. et al. Composition and distribution of decapod crustaceans

associated by fisheries of seabob shrimp *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) at the northern coast of São Paulo. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 42, n. 2, p. 307–326, 2016.

MANTELATTO, F. L. M.; BARBOSA, L. R. Population structure and relative growth of freshwater prawn *Macrobrachium brasiliense* (Decapoda, Palaemonidae) from São Paulo State, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 17, n. 1, p. 245–255, 2005.

MANTELATTO, F.L., PILEGGI, L.G., MAGALHÃES, C., CARVALHO, F.L., ROCHA, S.S., MOSSOLIN, E.C., ROSSI, N. and BUENO, S.L.S. Avaliação dos camarões palemonídeos (Decapoda: Palaemonidae). In: M.A.A. PINHEIRO and H. BOOS, orgs. **Livro vermelho dos crustáceos do Brasil: avaliação 2010-2014**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Carcinologia, cap. 20, pp. 252-267, 2016.

MARIAPPAN, P.; BALASUNDARAM, C. Molt-related limb loss in *Macrobrachium nobilii*. **Current Science**, v. 77, n. 5, p. 637–639, 1999.

MARKUS, R. P.; BARBOSA JUNIOR, E. J.; FERREIRA, Z. S. Ritmos biológicos: entendendo as horas, os dias e as estações do ano. **Einstein**, v. 1, p. 143–148, 2003.

MARQUES, N. et al. Os Ritmos Biológicos e a Cronobiologia. **Biotemas**, v. 4, n. 1, p. 1–20, 1991.

MASATOMI, H. Individual (non-social) behavioral acts of hooded cranes *Grus monacha* wintering in Izumi, Japan. **Journal of ethology**, v. 22, p. 69–83, 2004.

MEDEIROS, P. R. P. et al. Características ambientais do Baixo São Francisco (AL/SE): Efeitos de barragens na interface continente – oceano, **Geochimica Brasiliensis** 28(1): 65-78, 2014.

MELO, G. A. S. **MANUAL DE IDENTIFICAÇÃO DOS CRUSTACEA DECAPODA DE ÁGUA DOCE DO BRASIL**. São Paulo: 2003.

MEZA-PARRAL, Y.; GARCÍA-ROBLEDO, C.; PINEDA, E.; ESCOBAR, F.; DONNELLY, MA. Etogramas padronizados e um dispositivo para avaliar as respostas térmicas dos anfíbios em um mundo em aquecimento. **Journal of Thermal biology**, 89, 102565.2020.

MULLER, Y. M. R. et al. Biologia dos Palaemonidae (Crustacea: Decapoda) da Bacia Hidrográfica de Ratonés, Florianópolis Santa Catarina. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 16, n. 3, p. 629–636, 1999.

MÜLLER, Y. M. R. et al. Biology of Palaemonidae (Crustacea, Decapoda) from the Ratonés Hydrographic Basin, Florianópolis, Santa Catarina, Brazil. **Revista brasileira de Zoologia**, v. 16, n. 3, p. 629–636, 1999.

MUNHÖZ-DELGADO, J.; MORENO, C. B. An account on the History of Ethology. **Suma Psicológica**, v. 14, n. 2, p. 213–224, 2007.

- MURPHY, P. J.; CAMPBELL, S. S. Physiology of the circadian system in animals and humans. **Journal of Clinical Neurophysiology**, v. 13, n. 1, p. 2–16, 1996.
- NEW, M. B. **Farming freshwater prawns: a manual for the culture of the giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*)**. 48. ed. 2002.
- OLIVEIRA, H. S.; SOUZA, D. R. D. A.; SILVA, M. N. D. Etograma do carcará (*Caracara plancus*, Miller, 1777)(Aves, Falconidae), em cativeiro. **Revista de Etologia**, v. 13, n. 2, p. 1–9, 2014.
- OTTA, E.; GUERRA, R. F.; BUSSAB, V. S. R. **Lições da Alameda Glete: coletâneas de textos de Walter Hugo Cunha, pioneiro da etologia no Brasil**. São Paulo: 2013.
- PÁEZ-RONDÓN, O.; ALDANA, E.; DICKENS, J.; OTÁLORA-LUNA, F. Ethological description of a fixed action pattern in a kissing bug (Triatominae): vision, gustation, proboscis extension and drinking of water and guava. **Journal of Ethology**, 36(2), 107-116, 2018.
- PILEGGI, L. G. et al. Molecular perspective on the American transisthmian species of *Macrobrachium* (Caridea, Palaemonidae). **ZooKeys**, v. 457, p. 109–131, 2014.
- RAMOS-PORTO, M.; COELHO, P. A. Sinopse dos crustáceos decápodos brasileiros (Infraordem Stenopodidea). **Repositório UFPE**, 1998.
- REILLY, T.; ATKINSON, G.; WATERHOUSE, J. Chronobiology and physical performance. **Exercise and sport science**, v. 24, p. 351–372, 2000.
- RENSING, L.; RUOFF, P. Temperature effect on entrainment, phase shifting, and amplitude of circadian clocks and its molecular bases. **Chronobiology international**, v. 19, n. 5, p. 807–864, 2002.
- RODRIGUES, R. A.; VETORELLI, M. P.; ARAUJO, P. F. R. Regime alimentar na larvicultura de *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) em sistema aberto. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, 10(1), 17-30, 2017.
- ROENNEBERG, T.; MERROW, M. The circadian clock and human health. **Current biology**, v. 26, n. 10, p. 432–433, 2016.
- SANTOS, M. C. F. e FONTELES-FILHO, A. A. Biologia e pesca camarão-canela, *Macrobrachium acanthurus* (Crustacea, Palaemonidae), no rio Japarutuba, Estado de Sergipe. **Arquivos de Ciências do mar**, Fortaleza, 49(1): 59 – 66, 2016.
- SALDANHA, P. H. O conceito de etologia, com especial referência ao comportamento dos primatas: (comentário). **Boletim de Zoologia e Biologia Marinha**, v. 30, n. 30, p. 797, 1973.
- SAMPAIO, C. M.; VALENTI, W. C. Growth curves for *Macrobrachium rosenbergii* in semi-intensive culture in Brazil. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 27, p. 353–358,

1996.

SCHULZ, U. H.; LEUCHTENBERGER, C. Activity patterns of South American silver catfish (*Rhamdia quelen*). **Brazilian Journal of Biology**, v. 66, n. 2a, p. 565–574, 2006.

SHORT, J. W. A revision of Australian river prawns, *Macrobrachium* (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae). **Hydrobiologia**, v. 525, n. 1, p. 1–100, 2004.

SOUTO, A. **Etologia: princípios e reflexões**. 3ª ed. Recife-PE: 2000.

TAMBURUS, A. F.; MOSSOLIN, E. C.; MANTELATTO, F. L. Populational and reproductive aspects of *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) (Crustacea: Palaemonidae) from north coast of São Paulo state, Brasil. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, v. 16, n. 1, p. 9–18, 2012.

TINBERGEN, N. *The Herring Gull's World*. London, Collins, 1953.

TINBERGEN, N. On aims and methods of Ethology. **Departamento de Zoology, University of Oxford**, n. March, 1963.

TRIANA, M. F.; NOGUEIRA, A. S. P. C.; FRANÇA, P. H. B.; COSTA, J. G.; GOULART, H. F.; SANTANA, A. E. G. Sexual Behavior of the Sugarcane Hairy Borer, *Hyponeuma taltula* (Lepidoptera: Erebidae): Evidence for a Female-Released Sex Pheromone. **Neotropical Entomology**, 49, 739-744.2020.

TIZO-PEDROSO, E.; DEL-CLARO, K. Matriphagy in the neotropical pseudoscorpion *Paratemnoides nidificator* (Balzan 1888) (Atemnidae). **The Journal of Arachnology**, v. 33, p. 873–877, 2005.

TOMOTANI, B. M.; ODA, G. A. Diurnos ou Noturnos? Discutindo padrões temporais de atividade. **Revista da Biologia**, v. 9, n. 3, p. 1–6, 2012.

TREVISAN, A.; MAROCHI, M. Z.; MASUNARI, S. Circadian rhythm in males of *Aegla schmitti* (Decapoda, Anomura, Aeglidae) under laboratory conditions. **Biological Rhythm Research**, v. 45, n. 5, p. 803–816, 2014.

VALENTI, W. C. **Carcinicultura de água doce: tecnologia para a produção de camarões**. São Paulo: 1985.

VALENTI, W. C.; LOBÃO, V. L.; MELLO, J. T. Crescimento relativo de *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836)(CRUSTACEA, DECAPODA, PALAEMONIDAE). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 6, n. 1, p. 1-8, 1989.

VALENTI, W. C.; MELLO, J. T. C.; LOBÃO, V. L. Fecundidade em *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) do Rio Ribeira do Iguape (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 6, n. 1, p. 9- 15., 1989.

- VERA, L. et al. Feeding entrainment of locomotor activity rhythms, digestive enzymes and neuroendocrine factors in goldfish. **Physiology and Behavior**, v. 90, p. 518–524, 2007.
- VERA, L. M. et al. Circadian rhythms of locomotor activity in the Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. **Chronobiology International**, v. 26, n. 4, p. 666–681, 2009.
- VON FRISCH, K. The dance language and orientation of bees. **Harvard University Press**, 1967.
- WEHR, T. A. Photoperiodism in humans and other primates: evidence and implications. **Journal of biological rhythms**, v. 16, n. 4, p. 348–364, 2001.
- WESSEL, A. Ethology in space and time—Berlin in the light. **Nova Acta Leopoldina NF**, v. 111, n. 380, p. 15–27, 2013.
- WILLIAMS, A.B. Shimps, lobsters and crabs of the Atlântico coast of the eastern United States Maine to Flórida 550p. 1984.
- YAMAMOTO, M. E.; VOLPATTO, G. L. Comportamento Animal. **Natal:UFRN**, 2007.
- ZIMMERMANN, B. L. et al. Behavioral repertory of *Trichodactylus panoplus* (Crustacea: Trichodactylidae) under laboratory conditions. **Zoologia**, v. 26, n. 1, p. 5–11, 2009.

3 MANUSCRITO 1: Padrões comportamentais de machos de *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) em condições controladas (Crustacea, Palaemonidae).

Lucia Vanessa Rocha Santos^a Sandro Santos^b e Petrônio Alves Coelho-Filho^{a,c}

^a *Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde. Programa de Pós-graduação em Diversidade Biológica e Conservação nos Trópicos, Universidade Federal de Alagoas, UFAL, Av. Lourival Melo Mota, S / N, Tabuleiro dos Martins, Maceió, AL, Brasil.*

^b *Departamento de Ecologia e Evolução. Programa de Pós-graduação em Biologia Animal, Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Av. Roraima nº 1000 Cidade Universitária Bairro Camobi Santa Maria, RS, Brasil.*

^c *Laboratório de Carcinologia e Carcinicultura, Curso de Engenharia de pesca, Universidade Federal de Alagoas, UFAL, Av. Beira Rio, S/N, Centro Histórico, Penedo, AL, Brasil.*

Capítulo no formato do periódico *Ethology Ecology & Evolution*

Resumo: O camarão *Macrobrachium acanthurus* nativo da região das Américas, é um importante recurso pesqueiro e fonte de renda de comunidades ribeirinhas locais. Porém uma série de fatores como degradação dos ecossistemas naturais, poluição de rios e introdução de espécies, podem estar interferindo na dinâmica das populações. Nesse sentido é fundamental o conhecimento de seus aspectos comportamentais, pois à medida que os ambientes mudam, alguns padrões de comportamento podem ser alterados, vindo a causar efeitos na ecologia da população e na forma que os animais interagem no meio. O objetivo deste estudo foi descrever os padrões de comportamento exibidos por machos do camarão *M. acanthurus*. As observações comportamentais foram realizadas durante 80 horas de gravação em ambiente controlado, em um ciclo de 24 horas com fotoperíodo 12:12. Dez animais de tamanhos semelhantes foram divididos em dois grupos (1 grupo para cada fotoperíodo) e observados durante 5 dias consecutivos por meio de gravações de vídeo, analisadas através do método *ad libitum sense ou amostragem de todas as ocorrências*. Foram observados 32 comportamentos agrupados em oito categorias: comportamentos de rotina que incluem atividade de locomoção, alimentação, inatividade, limpeza, escavação, muda, comportamentos agonísticos de abordagem e distanciamento.

Palavras-chave: etograma; crustáceo; interação social; comportamento animal; camarão

INTRODUÇÃO

Toda espécie animal exhibe atos comportamentais específicos (Masatomi 2004) que são responsáveis pelas interações individuais e sociais dentro de um grupo (Choe 2019). O entendimento dos significados desses atos contribui para análises biológicas de comunicação, do comportamento social e da organização social existente (Masatomi 2004).

Para detalhar o comportamento de uma espécie, a construção de etogramas é a ferramenta básica (Martin & Bateson 2007). O etograma consiste de descrições dos atos comportamentais (Brown 1975; Del-Claro 2002; Yamamoto & Volpato 2011), onde o comportamento é categorizado em unidades objetivas exclusivas. Estas informações podem ser usadas para entender a biologia, ecologia, ações individuais ou de grupo das espécies, tanto em condições de laboratório como em vida livre (Lehner 1940; Alcock 1997; Del-Claro 2004, 2010).

Etogramas sociais e de comportamentos agonísticos em crustáceos descrevem vários aspectos do comportamento (por exemplo, Bergman & Moore 2003; Carson & Merchant 2005; Kunz et al. 2006; Nacorda 2008; Da Costa et al. 2016; Lopez et al. 2019, entre outros). No entanto, ainda existem várias lacunas, a serem preenchidas para algumas espécies, sobretudo para os camarões de água doce, como é o caso de *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836), popularmente conhecido como “camarão-canela” ou “camarão-comum”. Essa espécie se distribui da Carolina do Norte (EUA) passando por toda a costa da América do Sul, chegando até o Rio Grande do Sul (Brasil) (Melo 2003). Pode ser encontrada em rios, riachos, lagos de várzea e planícies inundadas das bacias hidrográficas costeiras. A espécie caracteriza-se como importante fonte de renda para as populações ribeirinhas tradicionais (Melo 2003; Santos & Fonteles-Filho 2016) sendo amplamente pescada nos locais onde ocorre (Freire et al. 2012; Mantelatto et al. 2016).

Este camarão é morfologicamente dimórfico, machos exibem um apêndice copulatório no segundo par de pleópodos, maior tamanho de cefalotórax e segundo quelípodo mais desenvolvido que as fêmeas (Valenti 1987). O maior tamanho do quelípodo em machos tende a ser uma ferramenta importante na agressividade de indivíduos dominantes, para estabelecimento de posição hierárquica, sendo utilizado diretamente em interações agonísticas, onde indivíduos subordinados são impedidos de se alimentar, crescem lentamente como resultado da baixa entrada de alimentos (Segal & Roe 1975; Cobb et al. 1982; De Souza et al. 2001), o que sugere que dentre os machos existe um maior número de interações comportamentais intraespecíficas.

Porém os ambientes de água doce da América do Sul, que são habitat de *M. acanthurus*, vem sendo amplamente alterados (Buckup & Bond-Buckup 1999), causando um declínio em suas populações. As alterações são ocasionadas por: I) declínio dos estoques naturais causado pela degradação dos ambientes naturais (erosão, desmatamento, diminuição da vazão), e poluição dos rios (elevada carga de esgotos domésticos) (Zellnhube & Siqueira 2007; Medeiros et al. 2014), II) pesca excessiva com captura de fêmeas ovígeras em formas imaturas (Cunha 2008; Santos & Fonteles-Filho 2016), III) introduções biológicas onde espécies aloctones competidoras com alto potencial reprodutivo como *M. rosenbergii*, (Araújo & Valenti 2005) tem se disseminado com sucesso em várias bacias onde são encontrados *M. acanthurus* (Cintra et al. 2003; Magalhães, et al. 2005; Gazola-Silva et al. 2007; Oliveira & Santos 2020) e não se sabe até o momento como isso pode estar interferindo na biologia e comportamento da espécie.

Dessa forma, é fundamental compreender os aspectos comportamentais básicos de *M. acanthurus*. Isso nos permite futuramente prosseguir para a compreensão de como ele reage aos distúrbios ambientais (Monteclaro et al. 2011), pois à medida que os ambientes mudam, alguns padrões comportamentais podem dar indicações de possíveis reflexos na dinâmica da população e na forma que os animais interagem no meio (Sih et al. 2012). Além disso as análises

comportamentais podem subsidiar, o manejo do cultivo e ciclos de despesca, prática já adotada no cultivo de *M. rosenbergii*.

Até o momento para o gênero *Macrobrachium*, apenas a espécie *M. rosenbergii* tem seu comportamento descrito (Barki et al. 1991; Schmalbach et al.1994; Dos Santos & Pontes 2016). Devido à falta de informações sobre os padrões comportamentais de *M. acanthurus* nós buscamos nesse artigo construir um etograma completo, para compreender todos os comportamentos exibidos pelos machos da espécie, por meio de observações em ambiente controlado, em um ciclo de 24 horas, 12 claro/12 escuro.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no Laboratório de Carcinologia e Carcinicultura da Universidade Federal de Alagoas, em área isolada contendo a presença apenas dos pesquisadores durante as observações e manejo dos exemplares, evitando assim causar qualquer estresse que pudesse interferir nos resultados obtidos.

Coleta dos exemplares e condições de aclimação

Os exemplares de *Macrobrachium acanthurus* foram coletados no Rio São Francisco, Nordeste do Brasil (10°17'267" S 36°35'244" W), área de intensa captura desses camarões por pescadores artesanais. As capturas foram realizadas com armadilhas passivas (denominadas localmente de covo), confeccionados em armação de cano de PVC de 200 mm e tela de 15 mm entrenós. As armadilhas foram lançadas ao entardecer e recolhidas após 12 horas, usando como isca bolo de arroz assado, procedimento padrão realizado pelos pescadores locais.

Após a captura, os camarões foram retirados manualmente das armadilhas e transportados ao laboratório em caixas isotérmicas. Foram selecionados apenas os exemplares machos adultos, identificados inicialmente em campo através da morfologia do segundo

pereiópodo (quelípedo maior) e confirmado posteriormente em Laboratório de acordo com a presença do apêndice masculino no segundo par de pleópodos (Costa et al. 2016).

Em seguida os camarões foram aclimatados coletivamente durante 10 dias em caixas plásticas pretas e opacas (48.5 x 89 x 56 cm) contendo 50 L de água desclorada, com aeração suprida por uma mangueira com pedra porosa ligada a um soprador de ar, em um fotoperíodo de 12:12. Cada caixa era dotada de um aquecedor de 100W acoplado a um termostado digital. Os camarões foram alimentados à vontade duas vezes ao dia (07:00 e 17:00 horas) com ração comercial para camarão peneídeo contendo 35% de proteína bruta. Restos de alimentação e excretas eram retirados diariamente através do sifonamento do fundo das caixas, e a cada 2 dias 50% da água era substituída.

Após 10 dias de aclimação e quarentena, dez indivíduos saudáveis e íntegros foram considerados aptos para os experimentos e mantidos completamente isolados socialmente em caixas individuais por um período de 15 dias, seguindo o mesmo protocolo de manutenção anteriormente citado.

As variáveis abióticas da água foram aferidas diariamente através de uma sonda multi parâmetros (YSI PROplus) e mantidas dentro das faixas ideais de acordo com o ambiente de captura: a temperatura foi mantida em $27,8^{\circ}\text{C} \pm 0,5$, oxigênio dissolvido $5,7 \pm 0,2$ mg/L; alcalinidade $54 \pm 0,5$ mg/L e pH $7,5 \pm 0,4$. A amônia, nitrito e nitrato foram mantidos 0.

Ambiente de experimentação

Foi utilizado um aquário de vidro (60x30x26 cm) com o fundo coberto por substrato formado por 1 cm de espessura de areia do rio lavada (simulando o fundo do rio onde os animais foram capturados), e a superfície coberta por uma tampa telada. 2 canos de PVC com diâmetro de 50 mm e comprimento de 11 cm foram adicionados, um em cada extremidade do aquário,

para abrigo e refúgio dos animais. A aeração foi suprida por uma mangueira com pedra porosa ligada a um soprador de ar.

O fotoperíodo foi controlado considerando o ciclo de 24 horas, composto por 12 horas luz (fase clara) e 12 horas escuridão (fase escura). A fase clara ocorreu com horário padrão sendo considerado dia das 7h-19h e noite das 19h-7h. Para permitir as observações na fase escura o fotoperíodo foi invertido, os animais passavam a noite (horário padrão) com as luzes do laboratório acesas e durante o dia a fase escura foi induzida, para isso foram considerados três dias anteriores aos ensaios em fase escura para aclimatação a essa variação. Os aquários foram iluminados artificialmente com lâmpadas formato bulbo fluorescentes, sendo uma lâmpada de luz branca com 32w e 6.500K de temperatura de cor para a fase clara, e uma lâmpada de cor vermelha de 15w e 2.700K de temperatura de cor para a fase escura, já que as células visuais de crustáceos decápodes não apresentam sensibilidade a comprimentos de onda da luz vermelha, sendo essa cor bastante utilizada para observações em fase escura (Ayres-Peres et al. 2011; Dalosto et al. 2013; Dos Santos & Pontes 2016).

Experimentos Comportamentais

Os dez organismos foram divididos em dois grupos de cinco animais, sendo um grupo para a fase clara e um grupo para a fase escura. Os cinco indivíduos de cada fase foram colocados juntos no aquário e cada indivíduo foi testado apenas em um dos experimentos. Para cada exemplar, foram aferidos o comprimento da carapaça e do quelípedo maior, geralmente o direito, através de um paquímetro digital (0,01mm), sendo essas medidas utilizadas como critério para seleção dos animais, utilizando apenas os exemplares cujo comprimento da carapaça não tenha excedido 5% do comprimento médio do grupo, evitando-se esse efeito durante as observações, como sugerido por Daws et al. (2002) (Tabela 1).

Tabela 1.

Tamanhos médios (média \pm desvio padrão) em milímetros dos organismos utilizados no estudo.

FASE	Comprimento da carapaça	Comprimento do quelípodo maior
Clara	44,65± 0,88	35,54± 9,91
Escura	43,38±2,70	36,82±6,33

Os experimentos foram realizados observando os comportamentos da fase clara e escura, e em cada fase, os animais foram monitorados por cinco dias consecutivos através de gravações realizadas com uma câmera de 13 megapixels acoplada a um tripé. Durante as gravações os camarões foram alimentados duas vezes ao dia 20 minutos após o início de cada fase.

Foram feitos registros contínuos de uma hora, distribuídos em oito janelas ao longo do dia (7:00-8:00 h; 8:30-9:30 h; 10:00-11:00 h; 11:30-12:30 h; 13:00-14:00 h; 14:30-15:30 h; 16:00-17:00 h; 17:30-18:30 h) (Dos Santos & Pontes 2016), considerando-se um intervalo de 30 minutos entre cada janela, obtendo assim um total de 80 horas de observação (40 da fase clara e 40 da fase escura). Apenas as atividades realizadas durante as gravações foram consideradas. Nas atividades agressivas com possibilidade eminente de morte a um dos indivíduos, a filmagem foi interrompida antes do tempo previsto.

Monitoramento do Comportamento

As gravações foram analisadas através do software BORIS versão 7.9.8, desenvolvido pelo Departamento de Ciências da vida e Sistemas Biológicos da Universidade de Torino, na Itália (Friard & Gamba 2016). A partir da observação direta do comportamento em fase clara e escura, foi elaborado um etograma com uma lista de unidades comportamentais, acompanhado das respectivas descrições de cada comportamento.

O etograma foi elaborado através do método de observação comportamental *ad libitum sense ou amostragem de todas as ocorrências* (Martin & Baterson 2007; Yamamoto & Volpato 2011). Os comportamentos foram descritos baseados nos etogramas de Barki et al. (1991) e Dos Santos & Pontes (2016) elaborados para *Macrobrachium rosenbergii* já que as espécies pertencerem ao mesmo gênero. Para a elaboração das ilustrações foi utilizado o programa Photoshop versão 2019.

RESULTADOS

Foram observados 32 atos comportamentais agrupados em oito padrões: locomoção, escavação, limpeza, atividade de muda, alimentação e inatividade, abordagem e distanciamento. A descrição de cada comportamento utilizou como base as descrições do etograma de Dos Santos & Pontes (2016) para *M. rosenbergii* objetivando a padronização comportamental para o gênero.

1.1 Padrões de Locomoção

Exploração: O camarão pode realizar o comportamento tanto enquanto se desloca pelo substrato quanto parado. Ele utiliza o primeiro par quelado de pereópodos para beliscar o substrato, podendo mover, segurar e posteriormente soltar partículas presentes. Inclui também o batimento das antenas no substrato como forma de reconhecimento e percepção do ambiente. O animal apresenta ainda uma postura com leve inclinação do cefalotórax e da cabeça para baixo (Fig. 1A).

Caminhada: O camarão através de movimentos contínuos dos pereópodos se desloca tocando o substrato. O movimento pode acontecer também com o auxílio dos pleópodes que contribuem com aumento de velocidade (Fig. 1B).

Natação: O camarão bate rapidamente os pleópodes, e realiza com o corpo movimentos ondulados se movendo na coluna d'água. Quando o animal curva o abdome ocorre um deslocamento rápido (Fig. 1C).

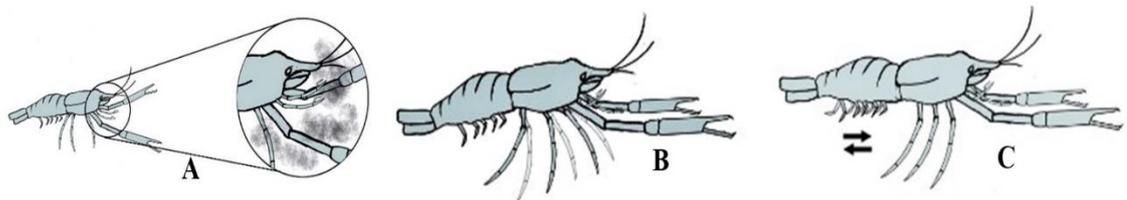


Figura 1. Padrões comportamentais de locomoção exibidos por *Macrobrachium acanthurus*: A- Exploração; B- Caminhada; C- Natação. Setas indicam movimento rápido. Fonte: Michael Carvalho, 2020.

1.2 Padrões de Escavação

Escavação: O camarão bate rapidamente os pleópodes e move as partículas de areia presentes no substrato, o movimento faz com que uma cavidade se forme e o animal se acomoda podendo permanecer por um longo período (Fig. 2).

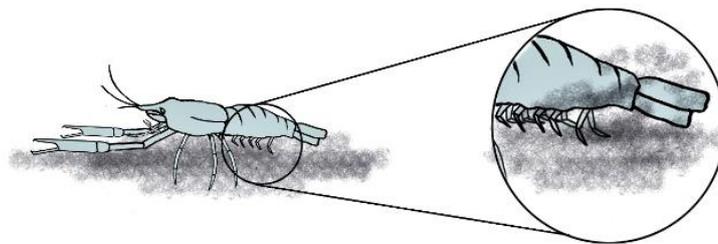


Figura 2. Padrões comportamentais de escavação exibidos por *Macrobrachium acanthurus*. Fonte: Michael Carvalho, 2020.

1.3 Padrões de Inatividade

Entocamento: O camarão vai para dentro do abrigo podendo ficar totalmente escondido, com o corpo inteiro ou parte do corpo fora do abrigo (Fig. 3 A).

Inatividade Parcial: O camarão desentocado, fica imóvel, porém apresenta movimentos dos pereópodos ou pleópodes, antenas, antênulas e discretos movimentos para as laterais, para cima ou para baixo (Fig. 3 B).

Inatividade Total: O camarão desentocado, fica imóvel sem apresentar qualquer tipo de movimento em nenhuma de suas estruturas corporais (Fig. C).

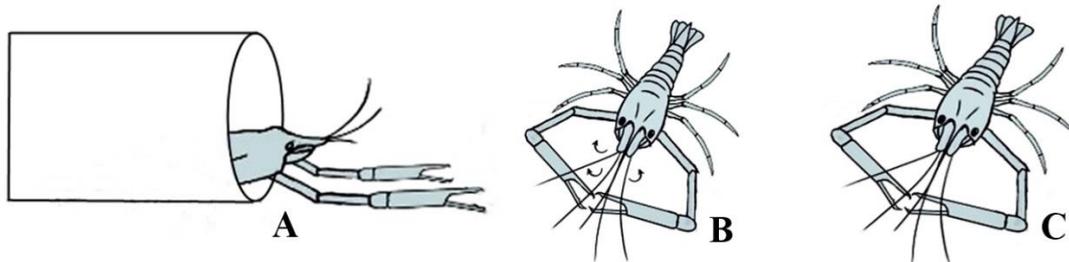


Figura 3. Padrões comportamentais de inatividade exibidos por *Macrobrachium acanthurus* (A) Entocamento; (B) Inatividade Parcial; (C) Inatividade Total. Setas indicam movimentação das estruturas para os lados. Fonte: Michael Carvalho, 2020.

1.4. Padrões de Limpeza

Limpeza Dorsal: O camarão raspa a região dorsal, podendo ser tanto na parte superior do cefalotórax, quanto no abdômen, utilizando os primeiros 5 pares de pereópodos. Para a limpeza do abdômen o camarão se apoia no segundo par de pereópodos (quelas grandes), curva o abdômen permitindo o alcance do primeiro par de pereópodos na região do abdômen telson e urópodo (Fig. 4 A).

Limpeza Ventral: O camarão raspa a região ventral, utilizando um dos primeiros 5 pares de pereópodos, a limpeza pode ser na parte inferior do cefalotórax, nos maxilípedes, antenas e antênulas pereópodos e pleópodos. O comportamento é realizado com o animal parado, porém ocasionalmente pode ser realizado com ele em movimento (Fig. 4 B).

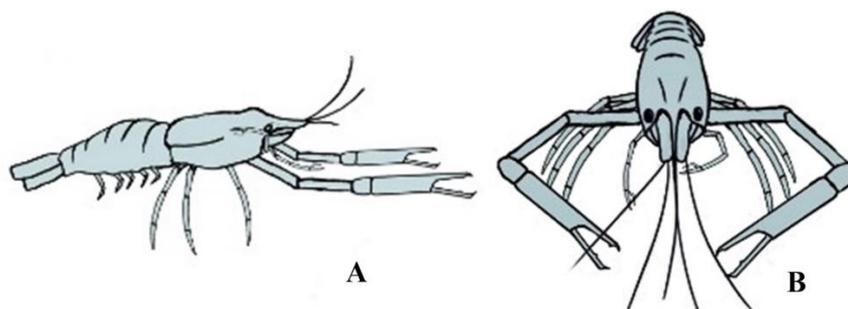


Figura 4. Padrões comportamentais de Limpeza exibidos por *Macrobrachium acanthurus* (A) Limpeza dorsal; (B) Limpeza Ventral. Fonte: Michael Carvalho, 2020.

1.5 Padrões de atividade de muda (ecdise)

Pré-ecdise: O camarão parado, realiza discretos movimentos, curva o corpo ventralmente causando um rompimento da carapaça entre a região do cefalotórax e do abdômen (Fig. 5 A).

Ecdise: O camarão realiza movimentos que possibilitem a saída da antiga carapaça, e pela abertura existente entre o cefalotórax e o abdômen, o animal retira o corpo do antigo exoesqueleto (Fig. 5 B).

Pós-ecdise: O camarão abre e fecha os urópodos e a estrutura da frente do rosto, com o corpo próximo ao substrato realiza movimentos discretos para os lados num ângulo de 45°. Nesse comportamento o animal apresenta a estrutura do corpo mole, sem nenhuma estrutura rígida (Fig. 5 C).

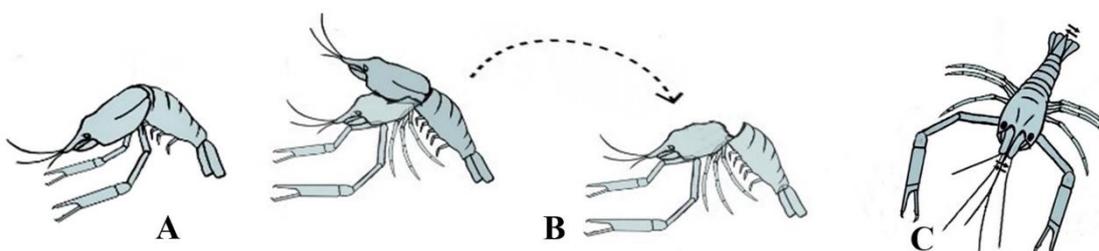


Figura 5. Padrões comportamentais de crescimento exibidos por *Macrobrachium acanthurus* em condições controladas (A) Pré-ecdise; (B) Ecdise (Seta indica saída da carapaça); (C) Pós-ecdise.

Setas indicam deslocamento de estruturas do corpo para as laterais. Fonte: Michael Carvalho, 2020.

1.6 Padrões de Alimentação

Alimentação com ração: O camarão utiliza o primeiro par de pereópodos para pegar o pellet e levar aos maxilípedes. Na boca, pequenos pedaços são removidos, o pellet é virado e apertado, permitindo uma remoção mais fácil dos pedaços. O 3º e 4º par de pereópodos podem auxiliar na manipulação do alimento (Fig. 6 A).

Alimentação com ecdise: O camarão utiliza o primeiro par de pereópodos para segurar a exúvia e levar aos maxilípedes, o ato pode ser realizado tanto com a exúvia completa quanto com partes que se soltam. Na boca, pequenos pedaços são removidos, a exúvia é virada e apertada, permitindo uma remoção mais fácil dos pedaços. O 3º e 4º par de pereópodos podem auxiliar na manipulação do alimento (Fig. 6 B).

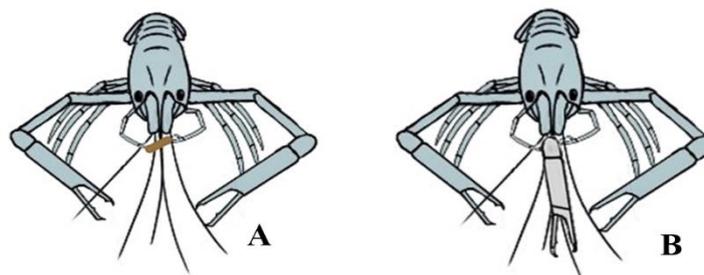


Figura 6. Padrões comportamentais de alimentação exibidos por *Macrobrachium acanthurus* (A) Alimentação com Ração; (B) Alimentação com Ecdise Fonte: Michael Carvalho, 2020.

1.7 Padrões agonísticos de abordagem

Ameaça: O camarão apresenta uma postura com cefalotórax elevado, as garras também são levantadas e posicionadas na parte da frente do corpo em um ângulo de 45°-90° com o dactilo aberto (Fig. 7 A).

Ataque: O camarão utiliza o segundo par de pereópodos para atacar o outro com um movimento rápido e fechamento do dátilo no corpo do outro animal. Frequentemente é mais utilizado o segundo par, mas pode ocorrer com o primeiro (Fig. 7 B).

Abraço Frontal: Um animal se aproxima do outro com o segundo par de pereópodos elevado a um ângulo de 90° em relação a superfície, move rapidamente os pleópodes e se aproxima do coespecífico fechando rapidamente o dátilo podendo beliscar o outro animal. (Fig. 7 C).

Perseguição: Um camarão, geralmente o dominante, foca em outro e se desloca no substrato em direção a ele, o seguindo para todas as direções. Esse comportamento acontece com o segundo par de quelípedes aberto e os dátilos também abertos, posição semelhante ao comportamento de ameaça (Fig. 7 D).

Luta Completa: O camarão eleva o segundo par de pereópodos em direção ao coespecífico, com um ângulo de 45°-90° em relação a superfície, abrindo e fechando os dátilos e flexionando o leque caudal, enquanto os pleópodes batem vigorosamente. Existe um ataque por parte de um dos camarões. O comportamento tem fim com o afastamento dos camarões (Fig. 7 E).

Luta Incompleta: O camarão eleva o segundo par de pereópodos em direção ao coespecífico, com um ângulo de 45°-90° em relação a superfície, abrindo e fechando os dátilos e o leque caudal, enquanto os pleópodes batem vigorosamente, porém não existe ataque entre os animais (Fig. 7 F).

Empurrar: O camarão utiliza a parte externa do segundo par de quelípedes e movimenta contra o corpo do outro de modo a afastar o co-específico (Fig. 7 G).

Beliscar: O camarão estende o segundo par de quelípedes em direção ao outro e fecha o dátilo no corpo do co-específico (Fig. 7 H).

Aproximação Frontal: O camarão se desloca pelo substrato e se aproxima com a frente do cefalotórax voltada para o co-específico. Esse movimento teve que ser realizado a uma distância de pelo menos metade do comprimento do corpo de um camarão (Fig. 7 I).

Giro para a posição Frontal: O camarão gira em torno do seu próprio eixo, ficando de frente para o outro animal e apresenta comportamento de ameaça ou podendo também atacar o oponente (Fig. 7J).

Defesa: O camarão ao ser atacado, abre o segundo par de pereópodos, elevando acima do cefalotórax demonstrando ameaça ou atacando o oponente, durante esse ato, ele pode fugir ou recuar (Fig. 7K).

Domínio: O camarão mais forte sobrepõe o corpo sobre o camarão submisso evitando que ele escape, e com o primeiro par de pereópodos ele belisca os pereópodos e a face do outro camarão conseguindo arrancar os pereópodos e pedaços do oponente (Fig. 7L).

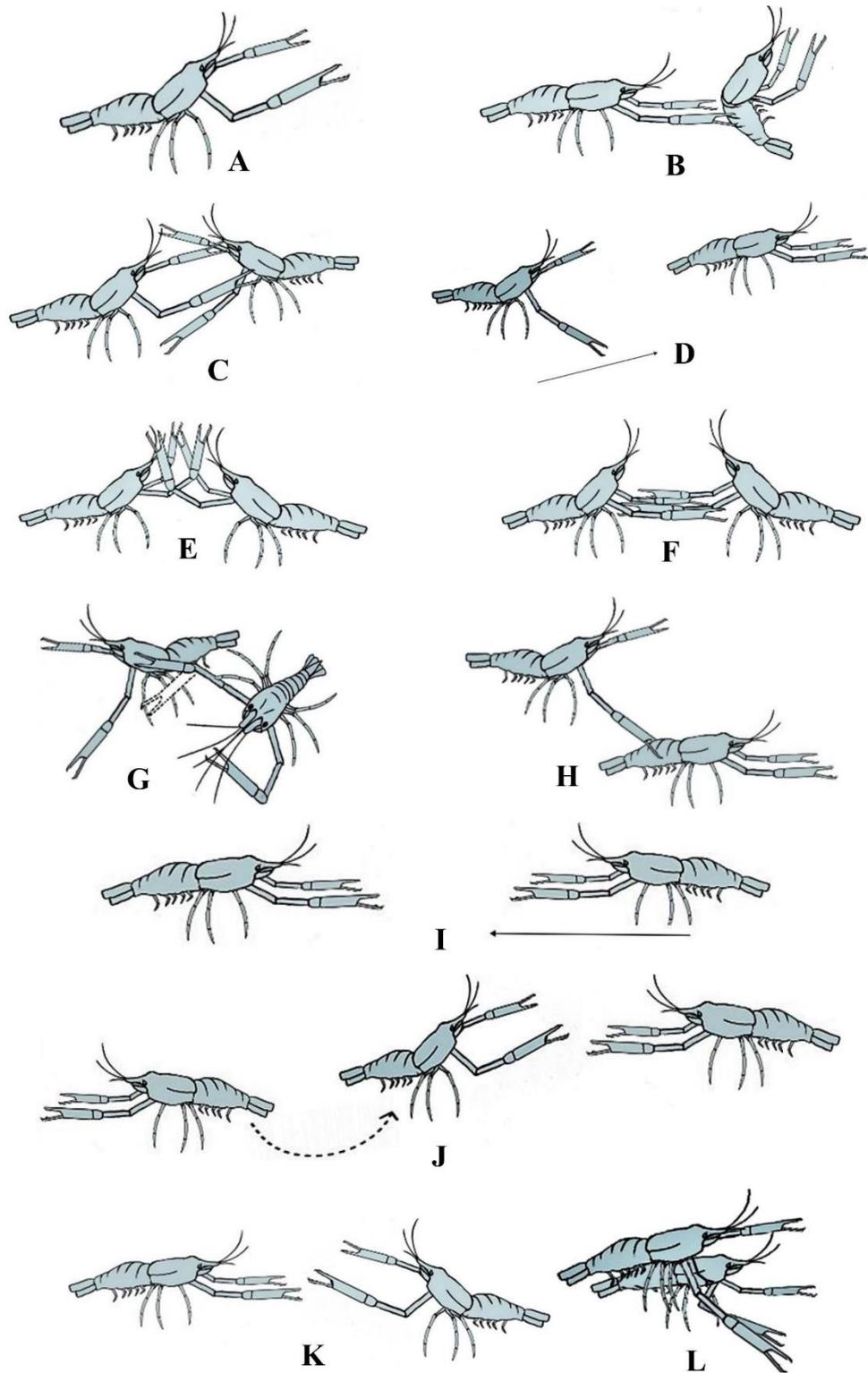


Fig.

Figura 7. Padrões agonísticos de abordagem exibidos por *Macrobrachium acanthurus* (A) Ameaça; (B) Ataque; (C) Abraço Frontal; (D) Perseguição; (E) Luta Completa; (F) Luta Incompleta; (G) Empurrar; (H) Beliscar; (I) Aproximação Frontal; (J) Giro para a Posição Frontal; (K) Defesa; (L) Domínio. Setas indicam deslocamento do corpo. Fonte: Michael Carvalho, 2020.

1.8 Padrões agonísticos de distanciamento

Submissão: O animal submisso fica sob o animal dominante, rente ao substrato, e em caso de oportunidade tenta se livrar do agressor por meio de fuga (Fig. 8A).

Recuo ou Afastamento: Quando o camarão percebe a presença do outro ou se sente ameaçado, ele caminha se deslocando para longe (Fig. 8B).

Ceder lugar: Quando o camarão está imóvel, que um co-específico se aproxima, ele se retira e deixa o lugar, se deslocando para longe para que o outro ocupe o lugar (Fig. 8C).

Desvio: O camarão se desloca no substrato, e ao perceber a presença do co-específico, ele dá a volta em torno do seu próprio eixo, evitando uma aproximação frontal ou enfrentamento (Fig. 8D).

Fuga: O camarão quando se sente ameaçado ou quando está sendo atacado, bate rapidamente os pleópodes (“tail flip”), contraindo o abdômen dando início ao comportamento de natação e se desloca rapidamente na coluna d’água indo para longe (Fig. 8E).

Disputa: O animal tenta pegar o objeto com o primeiro par de pereópodos, durante o ato o animal as vezes ataca o outro no corpo ou nas quelas com o segundo par de quelípodes, e segura o objeto com o primeiro par (Fig. 8F).

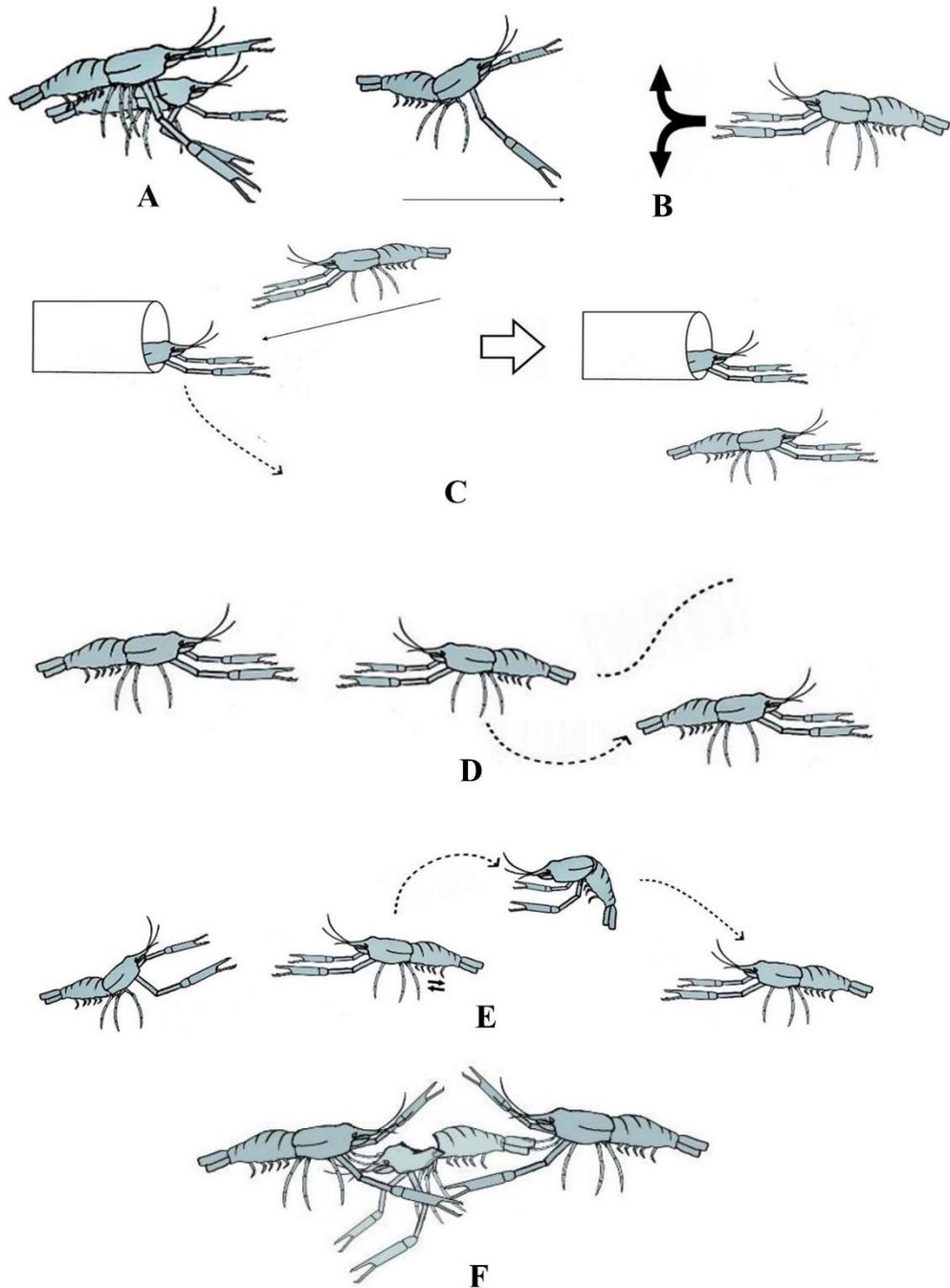


Figura 8. Padrões agonísticos de distanciamento exibidos por *Macrobrachium acanthurus* em condições controladas: (A) Submissão; (B) Recuo ou Afastamento; (C) Ceder Lugar (D) Desvio; (E) Fuga; (F) Disputa. Setas indicam deslocamento do corpo. Fonte: Michael Carvalho, 2020.

DISCUSSÃO

As observações realizadas com *Macrobrachium acanthurus* nos permitiram identificar 32 atos comportamentais distintos, correspondendo ao maior repertório comportamental descrito até o momento para uma espécie de camarão de água doce. O camarão da Malásia *Macrobrachium rosenbergii* era a única espécie de camarão de água doce que possuía o comportamento estudado, inicialmente com 18 atos descritos por Barki et al. (1991), e complementados posteriormente por Dos Santos & Pontes (2016) com 28 comportamentos.

Nossos resultados estão alinhados com os atos comportamentais descritos anteriormente para *M. rosenbergii*, o que pode estar relacionado a biologia comportamental, e hábitos típicos do gênero *Macrobrachium*. Devido aos aspectos semelhantes no comportamento das duas espécies, para efeito de padronização na descrição dos comportamentos, foi utilizado sempre que possível a mesma forma de descrição dos comportamentos incluindo termos semelhantes utilizados por Dos Santos & Pontes (2016). Isso permite que as descrições já realizadas até o momento para as duas espécies de *Macrobrachium* apresentem o mesmo padrão de descrição, facilitando o entendimento para elaboração de futuros etogramas de demais espécies pertencentes ao mesmo gênero.

A variação do comportamento resultando em tantos atos comportamentais distintos pode estar relacionada a necessidade de atos diferenciados e específicos para cada situação (Sandeman et al. 1993), bem como a necessidade de interação de fatores como ambiente e necessidade de sobrevivência (Beekman & Jordan 2017). Foram observados comportamentos tanto individuais quanto sociais que vem a contribuir como complemento em estudos de interações animais com seus aspectos físicos e sociais no meio ambiente (Da Costa et al. 2016).

Os comportamentos de caminhada, exploração e natação estão relacionados a locomoção. Padrões locomotores são importantes na caracterização de hábitos dos animais (Bernardi 1990), sendo cruciais para a sobrevivência da maioria dos organismos aquáticos e

fundamentais para definirmos a história de vida desses indivíduos (Li et al. 2018a). A caminhada era observada quando o animal necessitava apenas se deslocar no substrato e apresentava dependência total da movimentação dos pereópodes. Para *M. rosenbergii* foi observado que os pereópodos são altamente relevantes para as atividades diárias devido às suas diversas expressões nos comportamentos de deslocamento, alimentação, higiene e exploração (Dos Santos & Pontes 2016). O comportamento de exploração esteve relacionado não somente a locomoção, mas também a necessidade de conhecer o meio e de vasculhar o substrato em busca de alimento, e já havia sido observada para outras espécies de camarão (Nunes et al. 1997; Pontes & Arruda 2005; Da Costa et al. 2016).

A capacidade de se locomover existente nos animais aquáticos interfere tanto na busca por alimento, quanto na necessidade de fugir de predadores (Seuront et al. 2004). Nesse sentido, devido a necessidade de um deslocamento mais rápido, o comportamento de fuga demonstrou associação direta com a natação, podendo ser para frente, para trás, ou para os lados. O movimento natatório era realizado através de vários movimentos consecutivos de flexão e extensão do abdômen juntamente com movimentos dos pleópodos (Faulkes 2008; Yu et al. 2009; Li et al. 2018a; Li et al. 2019a; Li et al. 2019b) culminando no deslocamento do animal pela coluna d'água.

As observações permitiram associar o comportamento de escavação, como um ato para melhor acomodação dos animais no ambiente. Esse comportamento foi observado no lagostim *Parastacus brasiliensis* (von Martens, 1869) (Palaoro et al. 2013) e demonstra ser comum em camarões, com registros para *Alpheus macellarius* (Chace, 1988) (Nacorda 2008), *Xiphopenaeus kroyeri* (Heller, 1862) (Freire et al. 2011), *Farfantapeneus subtilis* (Silva et al. 2012), *M. rosenbergii* (Costa & Arruda 2016).

Macrobrachium acanthurus também apresentou padrões de inatividade, estando em repouso, parado ou com leves movimentos de alguns apêndices sem sair do local. Porém, apesar

de alguns etogramas ignorarem os momentos de inatividade, a descrição desses padrões comportamentais são importantes, pois mesmo imóvel ou em repouso, os animais poderiam estar exibindo algum tipo de comportamento que não seja percebido devido a qualidade da gravação, ou que seja imperceptível à percepção humana (Del-Claro 2004), como interações químicas comuns em crustáceos (Aquiloni et al. 2009; Shabani et al. 2009; Da Costa et al. 2016).

Os comportamentos de limpeza dorsal e ventral estão relacionados a higiene. Crustáceos decápodes possuem escovas com cerdas serrilhadas e multidenticuladas, localizadas na extremidade das pernas com a finalidade de limpeza das superfícies do corpo, de modo que eles utilizam essas estruturas e raspam o exoesqueleto removendo a sujeira aderida (Bauer 1981). Esse tipo de comportamento é comum em crustáceos decápodes, e apresenta vantagens pois a partir da raspagem do exoesqueleto os animais conseguem eliminar organismos incrustantes que podem tentar se fixar na carapaça (Bauer 1981; Barr et al. 2008; Silva & Arruda 2014). Palaoro et al. (2013) observaram os comportamentos de limpeza em baixa frequência para *Parastacus brasiliensis* associando ao fato de que comportamentos de limpeza não são bem desenvolvidos em decápodes. Por outro lado Van Maurik & Wortham (2011) ao observar os comportamentos de higiene em *Macrobrachium grandimanu* associaram o fato da frequência variar de acordo com o ambiente e com a presença de agentes incrustantes na água, o autor menciona ainda que, de acordo com a frequência em que esses atos são exibidos, seria possível avaliar se existem agentes na água que necessitam de altas pressões de limpeza.

Em relação ao crescimento, de modo geral, crustáceos necessitam de várias trocas do exoesqueleto rígido (ecdise) ao longo da vida (Romano & Zeng 2017), e através dessas mudanças de exoesqueleto eles conseguem regenerar membros perdidos ou lesionados (Ventura et al. 2018). Porém, apesar da importância desse processo, pouco se sabe sobre o comportamento durante a ecdise. Para os camarões de água doce, sabe-se apenas que *M.*

rosenbergii realiza a ecdise nas fases clara e escura do dia, com maior intensidade em fase clara (Volpato e Hoshino 1987), porém nenhum comportamento sobre ecdise foi citado no repertório comportamental elaborado para *M. rosenbergii* (Dos Santos & Pontes 2016).

Nossos resultados demonstraram quem existem 3 diferentes comportamentos relacionados a troca de exoesqueleto de *M. acanthurus*. O processo teve início nos movimentos de pré-ecdise, onde animal permanecia parado e realizava movimentos discretos, porém movimentando todos os apêndices. Esse comportamento já havia sido observado por Wassenberg & Hill (1984) que relatou a existência de atos discretos nesse padrão comportamental para *Panaeus esculentus*, inferindo que esses movimentos podem auxiliar na fratura do exoesqueleto antigo na junção entre a carapaça e o abdômen. Adicionalmente Wassenberg & Hill (1984) citaram também movimentos de elevações da cabeça, que não foram observados para *M. acanthurus*. *M. acanthurus* apresentou uma inclinação do corpo para baixo, onde o animal fazia uma curvatura ventral, que permitia forçar a carapaça na região de junção entre a cabeça e o cefalotórax, ocasionando um rompimento, dando assim início a ecdise.

Durante o comportamento de ecdise, os animais apresentavam movimentos ondulatórios que permitiam o deslocamento e facilitava a saída de dentro do exoesqueleto antigo, além disso, esses movimentos também ajudam a afrouxar o exoesqueleto do corpo inteiro (Wassenberg & Hill 1984). Para sair completamente do exoesqueleto antigo, o camarão realizou movimentos bruscos e rápidos - o animal retirou da antiga casca primeiro o cefalotórax e posteriormente o abdome.

O comportamento de pós-ecdise apresentou uma série de movimentos e se caracterizou principalmente pelo fato do animal apresentar o corpo mole, onde não havia uma sustentação pelos pereópodos. Após a saída do antigo exoesqueleto é realizada uma movimentação lateral para ambos os lados, simultâneo, com a abertura e fechamento do leque caudal e da escama antenal, e posteriormente o animal apresentou comportamento de natação movendo-se

rapidamente na coluna d'água. Poucos minutos após a ecdise, o animal já apresentou sustentação pelos pereópodos conseguindo caminhar pelo substrato. Esses padrões de pós muda foram observados também para o camarão *P. esculentus*, que por sua vez precisou de mais tempo para recuperar a sustentação do corpo e movimentos pelos pereópodos, com um tempo médio necessário de aproximadamente 21 minutos (Wassenberg & Hill 1984).

Os comportamentos alimentares foram caracterizados pela ingestão do alimento, identificados pela ingestão da ração ofertada ou pela ingestão da exúvia e já foram observados em várias espécies de camarões (Claessen 2003; Nacorda 2008; Da Costa et al. 2016; Romano & Zeng 2017). *M. acanthurus* apresentou um grande interesse pela carapaça antiga para se alimentar, chegando a existir disputa pela mesma, porém apenas os co-específicos disputam e se alimentam da exúvia. Observações com *P. esculentus*, demonstraram que a espécie não se alimenta de sua própria exúvia, porém esses indivíduos eram presa, mesmo na presença de outras fontes de alimento (Wassenberg & Hill 1984). A alimentação da exúvia pode estar relacionado a maior palatibilidade e valor nutricional (Mayntz e Toft, 2006) se comparada ao alimento artificial.

Durante as observações, um exemplar foi encontrado morto sem os pereópodos e pedúnculos oculares. Esse animal apresentava o corpo com uma consistência mole e foram encontrados alguns pedaços de carapaça no aquário, o que levou a concluir que ele tinha passado pela ecdise e agredido até a morte. Esse fato confirma o comportamento agressivo, territorial e canibalístico dos camarões do gênero *Macrobrachium*, até em relação aos co-específicos (Caldwell 1985; Karplus et al. 1992; Balasundaram et al. 2004), de forma que a baixa mobilidade e a fragilidade do organismo após a ecdise, o impede de ter condições físicas para um embate com o oponente até que sua nova carapaça fique rijida novamente (Marshall et al. 2005; Romano & Zeng 2017) fazendo com que os oponentes acabem agredindo o camarão que passou pelo processo de muda.

O comportamento de entocamento consiste na utilização de abrigos pelos indivíduos, que servem de refúgio e contribuem para a sobrevivência e compartilhamento de recursos (Alberstadt et al. 1995; Balasundaram et al. 2004). Em ambiente natural, *Macrobrachium acanthurus* utiliza tocas em pedras, galhos ou a vegetação para se abrigar (Stein 1977) e durante as observações, demonstrou interesse e fez uso dos canos colocados no aquário para essa finalidade.

O hábito de se entocar foi observado para *M. australiense* (Holthuis, 1950), com preferência por refúgios de vegetação e caules, essa preferência estava relacionada a tentativa de fugir de predadores (Lammers 2009). Para *Alpheus macellarus*, foi observado acumulando o alimento em refúgios ou tocas para maximizar sua segurança enquanto se alimenta, já que nas áreas de forrageamento a segurança é menor (Nacorda 2008). Comportamento de entocamento também foi descrito para o lagostim *Parastacus brasiliensis*, porem diferentemente de *M. acanthurus* que utiliza estruturas dos ambientes para se entocar, essa espécie constrói a própria toca (Palaoro et al. 2013).

Devido ao nível de agressividade já citada, houve um número considerável de comportamentos agonísticos, esses tipos de comportamento são definidos como o conjunto de padrões que compartilham uma função comum, que é o ajuste entre os animais a diversas situações (Drickamer & Vessey 1982; Yamamoto & Volpato 2011), sendo observados principalmente na defesa de recursos (Garcia & Arroyo 2002; Edgehouse et al. 2014), e são influenciados por fatores como o tamanho dos animais, o sexo, e a disponibilidade de recursos (Gabbanini et al. 1995; Romano & Zeng 2017).

Os comportamentos agonísticos em crustáceos já somam inúmeros trabalhos e são representados principalmente por estudos com lagostins devido a agressividade que esses animais demonstram (por exemplo Volpato & Hiroshino 1984; Daws et al. 2002; Graham & Herberholz 2009; Dalosto et al. 2013; Gruber et al. 2016; Watanabe et al. 2016). A descrição

de comportamentos agonístico a partir de etogramas são úteis para analisar o grau a que uma dada espécie é agressiva, como esse comportamento pode ser moderado por demonstrações de intenção e habilidade, e como esse comportamento pode mostrar variação individual (Kravitz & Huber 2003; Hardy & Briffa 2013). Quando o contato físico ocorre durante a fase da luta sem danos, são observados empurrões e brigas que permitem que os oponentes avaliem sua força (Yamamoto & Volpato 2011).

As principais situações em que o agonismo foi observado, ocorreu nos momentos de disputa por espaço e a permanência no abrigo, visto que o número de abrigos era menor do que o número de animais. Porém, foi percebido que com o decorrer das filmagens esses comportamentos diminuíram, e era possível observar que mais de um animal compartilhava o mesmo abrigo não existindo mais disputa, o que pode ser justificado com o estabelecimento de hierarquia, já que comportamentos agonísticos são importantes para estabelecer hierarquia nas populações e status nos ecossistemas, e com o estabelecimento da hierarquia os níveis de agonismos diminuem (Gherardi 2002).

Mesmo *M. acanthurus* tendo apresentando um repertório comportamental muito semelhante a *M. rosenbergii*, alguns padrões agonísticos diferiram entre as espécies. Dos Santos e Pontes (2016) mencionam para *M. rosenbergii* 14 comportamentos agonísticos, enquanto no presente estudo conseguimos identificar 18, porém nem todos os comportamentos de *M. rosenbergii* foram identificados em *M. acanthurus*. Os comportamentos descritos por Dos Santos e Pontes (2016) denominados “abordagem não frontal”, “abordagem com abdômen flexionado” e “extensão meral” não foram observados para *M. acanthurus*, os comportamentos “empurrar”, “beliscar” e “giro para a posição frontal”, apesar de não terem sido citados por Dos Santos e Pontes (2016), mas foram registrados por Barki et al. (1991).

Nossas observações apresentam novos comportamentos não descritos para o gênero *Macrobrachium*, como domínio, submissão, disputa, pré e pós ecdise. Apesar de terem existido

divergências entre os etogramas, a maior parte dos comportamentos é similar. Essa variação observada pode indicar ajustes da espécie para sua sobrevivência, animais com parentesco próximo podem apresentar variações no padrão de comportamento dependo da espécie (Li et al. 2018a), é provável que exista variação não apenas em padrões de um determinado comportamento, mas sim nos padrões comportamentais que cada espécie apresenta mesmo pertencendo ao mesmo gênero.

Outro fator que justifique a diferença da quantidade de comportamentos entre *M. acanthurus* e *M. rosenbergii* pode ser decorrente da forma de análise, já que no presente estudo observamos comportamentos gravados, enquanto que Dos Santos & Pontes (2016) observaram ao vivo. As observações ao vivo podem implicar na percepção de comportamentos rápidos, ou interferir na visualização clara do comportamento pelo observador, enquanto que vídeos e o uso de softwares de análise comportamental permitem que as imagens sejam observadas várias vezes em diferentes velocidades e aproximações, permitindo que haja uma precisão maior da percepção dos movimentos do animal. Análises comportamentais que façam uso de métodos desse tipo, podem significar uma importante ferramenta para o avanço do conhecimento do comportamento animal, principalmente em situações que apresentem dificuldade na observação do objeto de estudo.

CONCLUSÃO

Com base neste estudo, foram definidos 32 atos comportamentais distintos para *Macrobrachium acanthurus*, classificados como padrões de locomoção, alimentação, inatividade, limpeza, escavação, muda e comportamentos agonísticos de abordagem e distanciamento. A maioria dos padrões encontrados são semelhantes a *Macrobrachium rosenbergii* e provavelmente aos padrões para as demais espécies do gênero. Os dados aqui

apresentados servem para futuras análises que avaliem o comportamento normal da espécie e podem ser usadas como ponto de referência para estudos futuros.

REFERÊNCIAS

Alberstadt PJ, Steele CW, Skinner C. 1995. Cover-seeking behavior in juvenile and adult crayfish, *Orconectes rusticus*: effects of darkness and thigmotactic cues. *Journal of Crustacean Biology*. 15:537-541.

Alcock J. 1997. *Animal Behavior, an Evolutionary Approach*. Sunderland 546p.

Aquiloni L, Massolo A, Gherardi L. 2009. Sex identification in female crayfish is bimodal. *Naturwissenschaften*, 96:103–110. doi: 10.1007/s00114-008-0458-9

Ayres-Peres L, Araújo P B, Santos S. 2011. Description of the agonistic behavior of *Aegla longirostri* (Decapoda: Aegliidae). *Journal of Crustacean Biology*. 31: 379–388. doi: 10.1651/10-3422.1

Balasundaram C, Jeyachitra P, Balamurugan P. 2004. Shelter preference in *Macrobrachium* spp. with reference to aquaculture. *Acta Ethologica*. 7: 95–101. doi:10.1007/s10211-004-0090-4.

Barr S, Laming PR, Dick JT, Elwood RW. 2008. Nociception or pain in a decapod crustacean? *Animal Behaviour*, 75: 745-751.

Barki A, Karplus I, Goren M. 1991. The Agonistic Behaviour of the Three Male Morphotypes of the Freshwater Prawn *Macrobrachium Rosenbergii* (Crustacea, Palaemonidae). *Behaviour*. 116: 252–276.

Bauer RT. 1981. Grooming Behavior and Morphology in the Decapod Crustacea. *Journal of Crustacean Biology*. 1: 153–173.

Beekman M, Jordan AL. 2017. Does the field of animal personality provide any new insights for behavioral ecology?. *Behavioral Ecology*. 28: 617–623. doi:10.1093/beheco/arx022

Bergman D A, Moore PA. 2003. Field observations of intraspecific agonistic behavior of two crayfish species, *Orconectes rusticus* and *Orconectes virilis*, in different habitats. *Biological Bulletin*. 205: 26–35. doi:10.2307/1543442

Bernardi N. 1990. Temperature influence upon food ingestion and spontaneous locomotion of the freshwater prawn *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). *Journal of Thermal Biology*. 15:33–36, 1990. doi: 10.1016/0306-4565(90)90044-I

Brown JL. 1975. *The evolution of behavior*. New York.

Carson M L, Merchant H. 2005. A laboratory study of the behavior of two species of grass shrimp (*Palaemonetes pugio* Holthuis and *Palaemonetes vulgaris* Holthuis) and the killifish (*Fundulus heteroclitus* Linneaus). *Journal of experimental marine biology and ecology*. 314:187–201. doi: 10.1016/j.jembe.2004.08.020

Buckup L, Bond-Buckup G. 1999. *Os crustáceos do Rio Grande do Sul*. Editora da Universidade, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 503p

Caldwell RL. 1985. A test of individual recognition in the stomatopod *Cionodactylus festae*. *Animal Behavior* 33: 101–106.

Choe JC. 2019. *Encyclopedia of Animal Behavior* (2nd edn), Academic Press, 348p.

Cintra IHA, Silva KCA, MUNIZ APM. 2003. Ocorrência de *Macrobrachium rosenbergii* (de man, 1879) em áreas estuarinas do Estado do Pará (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). *Boletim técnico Científico CEPNOR*. 3: 219-227.

Claessen D, De Roos AM, Persson L. 2003. Population dynamic theory of size-dependent cannibalism. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*. 217:333–340. doi:10.1098/rspb.2003.2555

Cobb JS, Tamm GR, Wang D. 1982. Behavioral mechanisms influencing molt frequency in the American lobster *Homarus americanus* Milne-Edwards. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 62:185-200.

Coelho PA. 1963. Observações preliminares sobre a biologia e a pesca dos camarões do gênero *Macrobrachium* Bate, 1868 (Decapoda Palaemonidae) no Estado de Pernambuco. *Trabalhos do Instituto Oceanográfico da Universidade Federal Rural de Pernambuco*. 3: 75–81.

Costa JS, Arruda MF. 2016. Effect of stocking density on the behavior of newly transformed juvenile *Macrobrachium rosenbergii*. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*. 49: 375–389. doi: 10.1080/10236244.2016.1236527

Cunha CHA. 2008. influência da ablação unilateral do pedúnculo ocular e a reprodução do camarão de água doce *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann,1836) em cativeiro. (Mestrado no programa de Pós- graduação em zootecnia, área de concentração em produção animal).

Da Costa Fp, Gomes BSFDF, Pereira SDDNA, Arruda MF. 2016. Influence of stocking density on the behaviour of juvenile *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931). *Aquaculture Research*. 47: 912-924. doi: 10.1111/are.12550

Dalosto MM, Palaoro MV, Costa JR, Santos S. 2013. Aggressiveness and life underground: The case of burrowing crayfish. *Behaviour*. 150: 3–22. doi: 10.1163/1568539X-00003034

Daws AG, Grills J, Konzen K, Moore PA. 2002. Previous experiences alter the outcome of aggressive interactions between males in the crayfish, *Procambarus clarkii*. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*. 35: 139–148. doi:10.1080/1023624021000014725

De Araujo MC, Vlenti WC. 2005. Manejo alimentar de pós-larvas do camarão-da-amazônia, *Macrobrachium amazonicum*, em berçário I. *Acta Scientiarum. Animal Sciences*.27: 67-72.

Del-Claro K. 2002. Uma Orientação ao Estudo do Comportamento Animal. Uberlândia. Livraria Conceito. 90P

Del-Claro K. 2004. Comportamento Animal: Uma Introdução à Ecologia Comportamental. Livraria Conceito. 132p.

Del-Claro, K. 2010. Introdução à ecologia comportamental. echnical Books Editora Ltda, RJ, Brasil. 134p.

De Souza MC, Singer-Brugiolo SS. 2001. Efeito da amputação das quelas sobre o comportamento canibalístico de *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) (Crustacea, Palaemonidae) em condições de laboratório. *Revista Brasileira de Zootecias*.3:1-19.

Dos Santos DB, Pontes CS. 2016. Behavioral repertoire of the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) in laboratory. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology*. 4:109–115.

Drickamer LC, Vessey SH. 1982. *Animal Behaviour: Concepts. Processes and Methods*.

Faulkes Z 2008. Turning loss into opportunity: the key deletion of an escape circuit in decapod crustaceans. *Brain, behavior and evolution*. 72:251-261.

Freire FAM, Luchiari AC, Fransozo V. 2011. Environmental substrate selection and daily habitual activity in *Xiphopenaeus kroyeri* shrimp (Heller, 1862) (Crustacea: Penaeoidea). *Indian Journal of Geo-marine Science*. 40: 325–333.

Freire JL, Marques CB, Silva BB. 2012. Estrutura populacional e biologia reprodutiva do camarão-da-Amazônia *Macrobrachium amazonicum* (Heller,1862) (decapoda:palaemonidae) em um estuário da região nordeste do Pará, Brasil. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*.16:65-76.

Friard O, Gamba M. 2016. BORIS: a free, versatile open-source event-logging software for video/audio coding and live observations. *Method in Ecology and Evolution*. 1325–1330.

Gabbanini F, Gherardi F, Vannini M. 1995. Force and dominance in the agonistic behavior of the freshwater crab *Potamon fluviatile*. *Aggressive behavior*. 21:451-462.

Garcia JT, Arroyo BE. 2002. Intra- and interspecific agonistic behaviour in sympatric harriers during the breeding season. *Animal Behaviour*. 64:77-84.

Gazola-Silva FF, Melo SG, Vitule Jr S. 2007. *Macrobrachium rosenbergii* (Decapoda: Palaemonidae): possível introdução em um rio da planície litorânea paranaense (PR, Brasil). *Acta Biológica Paranaense*. 36:83-90.

Gherardi F. 2002. Behaviour, in: Holdich, D.M. (Ed.), *Biology of Freshwater Crayfish*. Blackwell Science, Oxford. 258–290.

Gonyou HW. 1994. Why the study of animal behavior is associated with the animal welfare issue. *Journal of Animal Science*. 72:2171–2177.

Graham ME, Herberholz J. 2009. Stability of dominance relationships in crayfish depends on social context. *Animal Behaviour*. 77:195–199. doi: 10.1016/j.anbehav.2008.09.027

Gruber C, Tulonen J, Kortet R, Hirvonen H. 2016. Resource availability and predation risk influence contest behavior and dominance hierarchies in crayfish. *Behavioral Ecology and Sociobiology*. 70: 1305–1317. doi:10.1007/s00265-016-2139-6

Hardy Icw, Briffa M. 2013. *Animal contests*. Cambridge University Press. 379p.

Kravitz E A, Huber R. 2003. Aggression in invertebrates. *Current opinion in neurobiology*. 13: 736-743.

Kunz AK, Ford M, Pung OJ. 2006. Behavior of the Grass Shrimp *Palaemonetes pugio* and its Response to the Presence of the Predatory Fish *Fundulus heteroclitus*. *The American Midland Naturalist*. 155:286–294. doi: 10.1674/0003-0031(2006)155[286: BOTGSP]2.0.CO;2

Lammers JH, Warburton K, Cribb BW. 2009. Anti-predator strategies in relation to diurnal refuge usage and exploration in the Australian freshwater prawn, *Macrobrachium australiense*. *Journal of Crustacean Biology*. 29:175–182. doi:10.1651/08-3043R.1

Li J, Li W, Zhang X, He P. 2018a. Physiological and behavioral responses of different modes of locomotion in the whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) (Caridea: Penaeidae). *Journal of Crustacean Biology*. 38:79–90.

Li J, Li W, Zhang X, He P. 2018b. Physiological and behavioral responses of different modes of locomotion in the whiteleg shrimp *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) (Caridea: Penaeidae). *Journal of Crustacean Biology*. 38:79–90. doi:10.1093/jcbiol/rux107

Li J, Xu X, L, W, Zhang X. 2019. Effects of acute and chronic hypoxia on the locomotion and enzyme of energy metabolism in Chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensis*. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*. 51:275–291. doi:10.1080/10236244.2018.1561150

Li J, Li W, Xiumei Z. 2019. Lower-intensity net-chasing training facilitates the survival and growth of the Chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensis* reared at high stocking densities. *Aquaculture*. 508: 36–45. doi: 10.1016/j.aquaculture.2019.04.065

Lopez LK, Hendry K, Wong MY, Davis AR. 2019. Insight into invasion: Interactions between a critically endangered and invasive crayfish. *Austral Ecology*.44:78–85. doi:10.1111/aec.12654

Mantelatto FL, Pileggi LG, Magalhães C, Carvalho FL, Rocha SS, Mossolin EC, Rossi N, Bueno SLS. 2016. Avaliação dos Camarões Palemonídeos (Decapoda: Palaemonidae), Cap. 20, p. 252-267. In: Pinheiro, M.A.A. & BOOS, H. (Org.). Livro Vermelho dos Crustáceos do Brasil: Avaliação 2010-2014. Porto Alegre, RS: Sociedade Brasileira de Carcinologia - SBC, 466 p.

Marshall S, Warburton K, Paterson B, Mann D. 2005. Cannibalism in juvenile blue-swimmer crabs *Portunus pelagicus* (Linnaeus, 1766): effects of body size, moult stage and refuge availability. *Applied Animal Behaviour Science*. 90:65-82.

Martin-Wintle MS, Shepherdson D, Zhang G, Zhang H, Li D, Zhou X, Li R, Swaisgood RR. 2015. Free mate choice enhances conservation breeding in the endangered giant panda. *Nature communications*. 6:1-7.

Martin P, Bateson P. 2007. Recording methods. In 'Measuring Behaviour: An Introductory Guide'.176p.

Mas-Muñoz J, Komen H, Schneider O, Visch SW, Schrama JW. 2011. Feeding Behaviour, Swimming Activity and Boldness Explain Variation in Feed Intake and Growth of Sole (*Solea solea*) Reared in Captivity. *PLoS ONE*. 6:1-9. doi: 10.1371/journal.pone.0021393

Masatomi H. 2004. Individual (non-social) behavioral acts of hooded cranes *Grus monacha* wintering in Izumi, Japan. *Journal of ethology*. 22: 69-83.

Mayntz D, Raubenheimer D, Salomon M, Toft S, Simpson SJ. 2005. Nutrient-specific foraging in invertebrate predators. *Science*.307:111-113.

Medeiros PRP, Santos MM, Cavalcante GH, Souza WFL, Silva WF. 2014. Características ambientais do Baixo São Francisco (AL/ SE): Efeitos de barragens na interface continente – oceano, *Geochimica Brasiliensis* 28: 65-78.

Melo GAS. 2003. Manual De Identificação Dos Crustacea Decapoda De Água Doce Do Brasil. São Paulo. 432p.

Mesa-Avila G, Molina-Borja M. 2007. Behavior as a tool for welfare improvement and conservation management in the endangered lizard (*Gallotia bravoana*). *Journal of Applied Animal Welfare Science*.10: 193–206. doi:10.1080/10888700701353329

Moctezuma MA, Blake B F. 1981. Burrowing activity in *Penaeus vannamei* Boone from the Caimanero-Huizache Lagoon system on the Pacific Coast of Mexico. *Bulletin of Marine Science*. 31:312–317.

Monteclaro HM, Anraku K, Uno S, Koyama J, Matsuoka T, Yan HY. 2011. Sensitivity of crayfish *Procambarus clarkii* antennules to hydrodynamic stimuli is reduced during diazinon exposure. *Zoological Studies*, 50:145-154.

Nacorda HME, Stamhuis EJ, Vermaat J E. 2008. Aboveground behavior of the snapping shrimp *Alpheus macellarius*, Chace, 1988, and its significance for leaf and nutrient turnover in a Philippine seagrass meadow. *burrowing shrimps and seagrass dynamics in shallow-water meadows off bolinao (nw philippines)*,.31-43.

Nunes AJP, Gesteira TCV, Goddard S. 1997. Capacidade e comportamento manipulativo do camarão ‘rosa’ *Penaeus Subtilis* Perez-Farfante, 1967 (Crustacea Penaeidae) na presença de ração peletizada, em condições de laboratório. *Boletim do Instituto da Pesca*. *Boletim do Instituto de Pesca*. 24: 11– 20.

Oliveira CDL, Santos LVR. 2020. Distribution of the Giant river prawn *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879) in Brazil: 43 years after its introduction. *Nauplius*. 28: 1-9.

Palaoro AV, Dalosto MM, Coutinho C, Santos, S. 2013. Assessing the importance of burrows through behavioral observations of *parastacus brasiliensis*, a neotropical burrowing crayfish (crustacea), in laboratory conditions. *Zoological Studies*. 52:4. doi:10.1186/1810-522X-52-4

Pontes CS, Arruda MDF. 2005. Comportamento de *Litopenaeus vannamei* (Boone) (Crustacea , Decapoda , Penaeidae) em função da oferta do oferta alimento artificial nas fases clara e escura do período de 24 horas artificial fases clara escura horas. *Revista Brasileira de Zoologia*. 22: 648–652.

Rog JE, Lukas KE, Wark JD .2015. Social and Environmental Influences on Pacing in a Female Malayan Sun Bear (*Helarctos malayanus*). *Journal of Zoo and Aquarium Research*, 3: 151-156. doi:10.19227/jzar.v3i4.148

Romano N, Zeng C. 2017. Cannibalism of Decapod Crustaceans and Implications for Their Aquaculture: A Review of its Prevalence, Influencing Factors, and Mitigating Methods. *Reviews in Fisheries Science and Aquaculture*. 25:42–69. doi:10.1080/23308249.2016.1221379

Sandeman DC, Scholtz G, Sandeman RE. 1993. Brain evolution in decapod Crustacea. *Journal of Experimental Zoology*. 265: 112–133.

Santos D, Freire F, Pontes C, Cacho J. 2007. Comportamento De Escavação E Enterramento, Preferência De Sedimento E Atividade Natatória Dos Camarões Juvenis E Pré-Adultos *Litopenaeus Vannamei* (Boone, 1931), Em Condições De Laboratório. *Anais Do Viii Congresso De Ecologia Do Brasil Caxambu – Mg., N. 1-2*.

Santos MCF, Fonteles-Filho AA. 2016. Biologia e pesca camarão-canela, *Macrobrachium acanthurus* (Crustacea, Palaemonidae), no rio Japarutuba, Estado de Sergipe. *Arq. Ciên. Mar, Fortaleza*. 49: 59 – 66.

Schmalbach AE, Quackenbush LS, Melinek R. 1994. A method for tagging the Malaysian prawn *Macrobrachium rosenbergii*. *Aquaculture*. 122: 147–159.

Segal E, Roe A. 1975. Growth and behavior of pos juvenile *Mosenbergii rosenbergii* (De Man) in close confinement. *Proceedings of the annual meeting-World Mariculture Society*. 6:67-88.

Seuront L, Ois F, Schimitt G. 2004. From random walk to multifractal random walk in zooplankton swimming behaviour. *Zoological Studies*. 43: 498-510.

Shabani S, Kamio M, Derby CD. 2009. Spiny lobsters use urine-borne olfactory signaling and physical aggressive behaviors to influence social status of conspecifics. *The Journal of Experimental Biology*. 212: 2464–2474.

Sih A, Cote J, Evans M, Fogarty S, Pruitt J. 2012. Ecological implications of behavioural syndromes. *Ecology letters*, 15: 278-289.

Silva PF, Medeiros MDS, Silva HPA, Arruda MDF. 2012. A study of feeding in the shrimp *Farfantepenaeus subtilis* indicates the value of species level behavioral data for optimizing culture management. *Marine Freshwater Behavior Physiology*. 45: 121–134. doi: 10.1080/10236244.2012.693309

Smart U, Deepak V, Vasudevan K. 2014. Preliminary ethogram and in situ time-activity budget of the enigmatic cane turtle (*Vijayachelys silvatica*) from the western Ghats, south India. *Herpetological Conservation and Biology*. 9: 116–122

Smith O, Wassmer T. 2016. An ethogram of commonly observed behaviors of the endangered Bridled White-eye (*Zosterops conspicillatus*) in a Zoo Setting. *The Wilson Journal of Ornithology*. 128: 647–653. doi:10.1676/1559-4491-128.3.647

Stein RA. 1977. Selective predation, optimal foraging, and the predator-prey interaction between fish and crayfish. *Ecology*. 58:1237-1253.

Stevens JMG, Thyssen A, Laevens H, Vervaecke H. 2013. The Influence of zoo Visitor Numbers on the Behaviour of Harbour Seals (*Phoca vitulina*). *Journal of Zoo and Aquarium Research*. 1: 31-34. doi:10.19227/jzar.v1i1.20.

Valenti WC. 1998. Carcinicultura de água doce: tecnologia para a produção de camarões. São Paulo. 383p.

Valenti WC, Mello J, Lobão VL. 1987. Crescimento de *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) do Rio Ribeira de Iguape (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). *Revista Brasileira de Biologia*. 47:349-355.

Van Maurik LN, Wortham JL. 2011. The Grooming Behaviors of the Hawaiian River Shrimp, *Macrobrachium grandimanus*. *Journal of Crustacean Biology*.31:617–622. doi: 10.1651/10-3409.1

Ventura T, Palero F, Rotllant G, Fitzgibbon QP. 2018. Crustacean metamorphosis: an omics perspective. *Hydrobiologia*. 825: 47-60.

Volpato GL, Hoshino K. 1984. Adaptive process derived from the agonistic behavior in the freshwater prawn *Macrobrachium iheringi* (Ortmann, 1897). *Boletim de Fisiologia Animal*. 8:157-163.

Volpato & Hoshino. 1987. Prawn - diurnal and nocturnal ecdysis determined by populational factors in the freshwater prawn *Macrobrachium iheringi* (Ortmann, 1897). *Boletim de Fisiologia Animal*. 11:113-121.

Wassenberg TJ, Hill BJ. 1984. Moulting behaviour of the tiger prawn *penaeus esculentus* (Haswell). *Marine and Freshwater Research*. 35: 561–571.

Watanabe S, Momohara Y, Minami H, Nagayama T. 2016. Two types of orienting behaviour during agonistic encounters in the crayfish *Procambarus clarkii* (Decapoda: Cambaridae). *Journal of Crustacean Biology*. 36: 147–153. doi: 10.1163/1937240X-00002411

Yamamoto ME, Volpato GL. 2007. *Comportamento Animal*. Natal:UFRN.

Yu X, Zhang X, Zhang P, Yu C. 2009. Critical swimming speed, tail-flip speed and physiological response to exercise fatigue in kuruma shrimp, *Marsupenaeus japonicus*. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*. 153: 120–124. doi:10.1016/j.cbpa.2009.01.012

Zellhuber A, Siqueira, R. 2007. Rio São Francisco em Descaminho: Degradação e Revitalização. *Cadernos do CEAS; Revista crítica de Humanidade*. 227:1-21.

4 MANUSCRITO 2: **Análise circadiana revela hábito noturno do camarão *Macrobrachium acanthurus* (Crustacea-Palaemonidae)**

Lucia Vanessa Rocha Santos^{a*} Sandro Santos^b e Petrônio Alves Coelho Filho^{a,c}

^a *Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde. Programa de Pós-graduação em Diversidade Biológica e Conservação nos Trópicos, Universidade Federal de Alagoas, UFAL, Av. Lourival Melo Mota, S / N, Tabuleiro dos Martins, Maceió, AL, Brasil.*

^b *Departamento de Ecologia e Evolução. Programa de Pós-graduação em Biologia Animal, Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, Av. Roraima nº 1000 Cidade Universitária Bairro Camobi Santa Maria, RS, Brasil.*

^c *Laboratório de Carcinologia e Carcinicultura, Curso de Engenharia de pesca, Universidade Federal de Alagoas, UFAL, Av. Beira Rio, S/N, Centro Histórico, Penedo, AL, Brasil.*

bioluciiavanessa@gmail.com *corresponding author

Capítulo no formato do periódico *Ethology Ecology & Evolution*

Resumo: Os ritmos circadianos de claro-escuro permitem uma sincronização interna da fisiologia dos organismos com o ambiente externo. Isso faz com que os animais estejam prontos para as mudanças ambientais que ocorrem com a variação da luz ao longo do dia, e regulem suas atividades normais de vida. Neste trabalho nós buscamos I) entender como os diferentes níveis de luminosidade interferem nas atividades do camarão de água-doce *Macrobrachium acanthurus*, II) verificar se o tamanho do quelípedo influencia nas atividades exibidas por machos da espécie. Foram realizadas observações laboratoriais com dois grupos de 5 animais durante 5 dias consecutivos. Cada grupo foi testado em uma fase do dia (clara/ escura) e os comportamentos foram registrados através de gravações. Os resultados mostram que a espécie apresenta comportamentos de atividade durante todas as faixas de horário, mas possui aumento considerável de níveis de atividade sob baixa luminosidade, caracterizando como uma espécie crepuscular/noturna. Observamos que durante a fase escura, o comprimento do própodo teve relação com os comportamentos de atividade, mas sem apresentar relação com os comportamentos agressivos. Isso leva a inferir que dentro da espécie existe uma formação de domínio por meio de sinais visuais intraespecíficos morfológicos, sem a necessidade exclusiva de agressão.

Palavras-chave: Ciclo biológico; interação social; variação morfológica; sinais intraespecíficos.

INTRODUÇÃO

Ritmos biológicos se referem a qualquer evento biológico que se repete periodicamente no tempo. Eles contribuem para uma série de comportamentos característicos de uma espécie, englobando comportamentos relacionados à busca por alimentos, defesa, reprodução ou a alternância diária entre atividade e repouso (Boujard & Leatherland 1992; Tomotani & Oda 2012). Os ritmos podem ser ultradianos que se referem a ciclos com menos de 24 horas, infradianos que são os ciclos com duração superior à 28 horas, ou circadianos que são os ciclos de dia solar, e podem variar de 20 à 28 horas (Reilly et al. 2000).

Os ritmos circadianos estão associados ao ciclo claro-escuro, sendo este o principal ciclo ambiental que atua como um sincronizador, determinando o ritmo de atividade e repouso dos animais (Herrero et al. 2003; Volpato & Trajano 2006; Schulz & Leuchtenberger 2006; Vera et al. 2007), e promove uma organização temporal interna sincronizada ao ambiente externo, permitindo que os animais se preparem para as mudanças ambientais periódicas e regulares que acontecem com a mudança da luminosidade (Challet & Pévet 2003; Davidson & Menaker 2003; Schwalbe & Webb 2015). Essas mudanças diárias e anuais, marcadas pelo ciclo claro e escuro, são os estímulos mais importantes nas respostas dos organismos ao ambiente (Falcón et al. 2007). De fato, muitas espécies sincronizam seus comportamentos em ciclos de 24 horas, apresentando características noturnas, diurnas ou crepusculares, baseadas na proporção de atividade que ocorre durante este ciclo (Cruz 2007).

De modo geral, existe uma alternância entre momentos de atividade e inatividade em todos os animais, e o momento em que os animais se encontram mais ativos é denominado como fase do ritmo de atividade. De acordo com o momento em que esta fase ocorre os animais são classificados como diurnos, noturnos ou crepusculares (Levy et al. 2007; Tomotani & Oda 2012). É dentro desse contexto que crustáceos decápodes surgem como bons organismos modelos para o estudo deste tópico.

Em ambientes de água doce, os crustáceos decápodes desempenham um papel importante nos processos ecológicos dos ambientes aquáticos, atuando em diferentes níveis da cadeia trófica, quer como herbívoros, predadores, necrófagos ou presas de outros grupos (Magalhães et al. 1999). Dentre os crustáceos de água doce pertencentes ao gênero *Macrobrachium* o camarão de água doce *Macrobrachium acanthurus* (Wiegman, 1836), mais conhecido como camarão canela ou camarão comum (Kutty & Valenti 2010) é uma das espécies de camarão com alto potencial de cultivo, fonte de renda de diversas populações ribeirinhas das localidades onde ocorre. Esta espécie é nativa das Américas, tem ampla distribuição, ocorrendo desde a Carolina do Norte- Estados Unidos da América-EUA chegando até o Sul do Brasil (Holthuis 1952; Melo 2003; Almeida et al. 2018), apresenta hábito alimentar onívoro e dieta variada composta por organismos da macrofauna bentônica, macroalgas, plantas e detritos (Albertoni et al. 2003), sendo bastante encontrada em estuários e rios até aproximadamente 300 km distantes do estuário (Coelho 1963).

Macrobrachium acanthurus é uma espécie de hábitos noturnos (Coelho 1963) e assim como outras espécies do gênero, apresenta diferenças nos machos (Moraes-Riodades & Valenti 2004; Papa et al. 2004; Silva 2014), que apresentam variações de acordo com a cor e o comprimento do quelípodo. Desse modo, seria de se esperar que machos com quelípodos maiores poupem energia restringindo sua atividade a certos horários, enquanto que animais com menores quelípodos tenham atividades em todos os períodos do dia. Contudo essa hipótese não foi investigada até o momento.

Nós investigamos os padrões de movimento e atividade de machos do camarão de água doce *Macrobrachium acanthurus*, com diferentes tamanhos de quelípodo. Nosso objetivo foi avaliar os padrões de atividade desses animais durante o ciclo de 24 horas. Pretendemos responder às seguintes questões: 1) verificar a intensidade dos comportamentos da espécie durante o ciclo de 24 horas; 2) avaliar se a atividade dos camarões sofre interferência da

variação de luminosidade no ciclo claro-escuro, 3) observar se o tamanho do quelípodo interfere nos níveis de atividade dos animais e nos comportamentos agressivos.

MATERIAL E MÉTODOS

Coleta

Os exemplares foram coletados por pescadores artesanais no Rio São Francisco, Nordeste do Brasil (10°17'26" S 36°35'24" W) com armadilhas passivas denominadas localmente de covo, confeccionados em armação de cano de PVC de 200 mm e tela de 15 mm entrenós. As armadilhas foram lançadas ao entardecer e recolhidas após 12 horas, usando como isca bolo de arroz assado, procedimento padrão realizado pelos pescadores locais.

Após a captura, os camarões foram retirados manualmente das armadilhas e transportados ao Laboratório de Carcinologia e Carcinicultura da Universidade Federal de Alagoas, em caixas isotérmicas. Foram selecionados apenas os exemplares machos adultos, identificados inicialmente em campo através da morfologia do segundo pereiópodo (quelípodo maior) e confirmado posteriormente em Laboratório de acordo com a presença do apêndice masculino no segundo par de pleópodos (Costa et al. 2016).

Em seguida, 24 camarões foram aclimatados coletivamente durante dez dias em oito caixas plásticas pretas e opacas (48.5 x 89 x 56 cm) contendo 50 L de água desclorada, com aeração suprida por uma mangueira com pedra porosa ligada a um soprador de ar, em um fotoperíodo de 12C:12E. Cada caixa era dotada de um aquecedor de 100W acoplado a um termostato digital. Os camarões foram alimentados à vontade duas vezes ao dia (07:00 e 17:00 horas) com ração comercial para camarão peneídeo contendo 35% de proteína bruta. Restos de alimentação e excretas eram retirados diariamente através do sifonamento do fundo das caixas, e a cada 2 dias 50% da água era substituída.

Após dez dias de aclimação e quarentena, dez indivíduos saudáveis e íntegros foram considerados aptos para os experimentos e mantidos completamente isolados socialmente em caixas individuais por um período de 15 dias, seguindo o mesmo protocolo de manutenção anteriormente citado.

As variáveis abióticas da água foram aferidas diariamente através de uma sonda multi parâmetros (YSI PROplus) e mantidas dentro das faixas do ambiente de coleta: a temperatura foi mantida em $27,8^{\circ}\text{C} \pm 0,5$, oxigênio dissolvido $5,7 \pm 0,2$ mg/L; alcalinidade $54 \pm 0,5$ mg/L e pH $7,5 \pm 0,4$. A amônia, nitrito e nitrato foram aferidos com testes colorimétricos e mantidos abaixo dos níveis detectáveis.

Design experimental

Em uma sala isolada, os camarões foram distribuídos em dois grupos de cinco indivíduos. Cada grupo foi colocado em um aquário experimental com dimensões 60x30x26 cm, capacidade de 50L e fundo coberto por substrato formado por um centímetro de espessura de areia do rio lavada. A superfície do aquário era coberta por uma tampa telada, e foram adicionados dois canos de PVC, um em cada extremidade do aquário, com diâmetro de 50 mm e comprimento de 11 cm para abrigo e refúgio dos animais. O aquário foi completamente lavado entre cada experimento. As laterais do aquário foram cobertas na parte externa com papel contato preto para evitar que os animais fossem distraídos por estímulos visuais no local de observação. O aquário foi suprido de aeração constante através de uma mangueira com pedra porosa ligada a um soprador de ar.

O fotoperíodo foi controlado artificialmente e mantido 12C:12E (luzes acesas às 7:00h), onde os aquários tinham iluminação fornecida por lâmpadas fluorescentes formato bulbo, sendo uma lâmpada de luz branca com 32w e 6.500K de temperatura de cor para a fase clara, e uma lâmpada de cor vermelha de 15w e 2.700K de temperatura de cor para a fase escura, já que as

células visuais de crustáceos decápodes não apresentam sensibilidade a comprimentos de onda da luz vermelha (Ayres-Peres et al. 2011; Dalosto et al. 2013; Dos Santos & Pontes 2016) . A fase clara ocorreu com horário padrão sendo considerado dia das 7h-19h e noite das 19h às 7h. Para permitir as observações na fase escura, o fotoperíodo foi invertido, os animais passavam a noite (horário padrão) com as luzes do laboratório acesas e durante o dia a fase escura foi induzida, sendo aclimatados 772 horas antes do início dos testes.

Experimentos Comportamentais

Os animais tiveram as medidas corporais mensuradas em milímetros com o auxílio de um paquímetro digital, foram pesados em balança de precisão de 0.1g, e a coloração dos indivíduos também foi registrada (ver Tabela 1). Apesar de todas as dimensões corpóreas dos animais terem sido mensuradas, foi considerado necessário uma compatibilidade apenas no tamanho de comprimento de carapaça, para evitar que uma diferença entre animais maiores e menores viesse a influenciar no comportamento. As diferenças nas demais dimensões corporais não foram levadas em consideração para conseguir avaliar existência de diferentes comportamentos em animais que mesmo apresentando tamanhos semelhantes (comprimento da carapaça - CC), diferem morfológicamente em relação aos quelípodos.

A variação do tamanho total (CC) dentro do grupo observado não excedeu 5%, para evitar algum viés no resultado das interações (Daws et al. 2002). Os indivíduos foram diferenciados por marcas naturais (cor, tamanho de quelas e padrões de quelas), divididos em 3 classes, e receberam um prefixo de identificação para diferenciação dos demais animais do grupo, sendo os mesmos nomes repetidos na fase escura para o animal de respectiva classificação (Tabela 1).

Tabela 1.

Tamanhos médios (média \pm desvio padrão) em milímetros dos exemplares de *Macrobrachium acanthurus* machos utilizados no estudo. CT= Comprimento total; CC= Comprimento da carapaça; CP= Comprimento do Própedo; P= Peso

Fase	ID	CT(mm)	CC(mm)	CP(mm)	P(g)	Carapaça (cor)	Quela (cor)
Clara	M1	94,4	44,47	46,78	11,84	Escura	Azul
	M2	94,4	45,16	37,60	10,83	Escura	Azul
	M3	91,07	45,80	41,90	11,03	Marrom	Marrom
	M4	90,00	43,43	29,52	8,80	Marrom	Marrom
	M5	90,00	44,40	21,90	8,37	Claro	Transparente
Escura	M1	90,16	45,45	44,14	11,43	Escura	Azul
	M2	90,06	45,43	41,41	13,54	Escura	Azul
	M3	89,94	43,81	37,94	9,00	Marrom	Marrom
	M4	87,47	43,39	30,39	9,22	Marrom	Marrom
	M5	87,09	38,85	30,23	7,99	Claro	Transparente

Os experimentos foram realizados observando os comportamentos da fase clara e escura. Para cada fase, os animais foram monitorados por 5 dias consecutivos através de gravações realizadas com uma câmera de 13 megapixels acoplada a um tripé. Durante as gravações, os camarões foram alimentados duas vezes ao dia 20 minutos após o início de cada fase.

Foram feitos registros contínuos de uma hora, distribuídos em 8 janelas ao longo do dia (7:00-8:00 h; 8:30-9:30 h; 10:00- 11:00 h; 11:30-12:30 h; 13:00-14:00 h; 14:30-15:30h; 16:00-17:00 h; 17:30-18:30 h) como sugerido por Dos Santos and Pontes (2016), considerando-se um intervalo de 30 minutos entre cada janela, obtendo assim um total de 80 horas de observação (40 da fase clara e 40 da fase escura). Apenas as atividades realizadas durante as gravações

foram consideradas. Nas atividades agressivas com possibilidade iminente de morte a um dos indivíduos, a filmagem foi interrompida antes do tempo previsto.

Monitoramento do Comportamento

Foi utilizado o método de observação Animal focal, registro contínuo, o qual registra todas as instâncias de determinados comportamentos e categorias durante um período de tempo estabelecido (janelas), continuamente (amostragem contínua) ao longo da janela de observação (Martin & Bateson 1999; Yamamoto & Volpato 2011)

Os registros foram analisados por amostragem de tempo (ou intervalar), onde os dados foram obtidos em intervalos pré-definidos regulares (Yamamoto & Volpato 2011) estabelecidos no período diurno e noturno, sendo analisados dez minutos em cada janela de observação, considerando os movimentos de cada animal individualmente. O intervalo foi padronizado de acordo com o momento da alimentação, sendo considerado os 5 minutos anteriores e posteriores à alimentação, já que quando o alimento é oferecido, os animais tendem a aumentar a frequência de comportamentos relacionados à pesquisa de alimento, como exploração e caminhada (Da Costa et al. 2016). Esse intervalo de tempo seguiu como momento padrão para as demais análises de todas as faixas de observação.

As gravações foram analisadas usando um software específico para análise de comportamento animal, BORIS versão 7.9.8, desenvolvido pelo Departamento de Ciências da Vida e Sistemas Biológicos da Universidade de Torino, na Itália (Friard & Gamba 2016). Durante as análises foi possível contabilizar o tempo de duração de alguns comportamentos, já que alguns padrões ocorrem em alta velocidade, impossibilitando a contabilização da duração, assim, os comportamentos foram divididos em tipos, onde os comportamentos com duração foram classificados em State Event e os comportamentos sem duração Point Event (ver tabela 2). Para todos os comportamentos foi registrado o número de repetições observadas.

Tabela 2: Atos comportamentais de *Macrobrachium acanthurus* machos em condições controladas e tipo análise de cada comportamento no Programa Boris

Padrões Comportamentais	Tipo
Caminhada	State Event
Exploração	State Event
Natação	State Event
Escavação	State Event
Inatividade Total	State Event
Inatividade Parcial	State Event
Entocamento	State Event
Limpeza Dorsal	State Event
Limpeza Ventral	State Event
Alimentação com ração	State Event
Alimentação com ecdise	State Event
Pré-ecdise	State Event
Pós-ecdise	State Event
Luta completa	State Event
Luta incompleta	State Event
Disputa	State Event
Perseguição	State Event
Domínio	State Event
Submissão	State Event
Ecdise	Point Event
Ameaça	Point Event
Ataque	Point Event
Abrço Frontal	Point Event
Empurrar	Point Event
Beliscar	Point Event
Aproximação Frontal	Point Event
Giro para a posição frontal	Point Event
Defesa	Point Event
Recuo ou Afastamento	Point Event
Ceder Lugar	Point Event
Desvio	Point Event
Fuga	Point Event

Análise de dados

Para analisar a frequência, foi considerado o número de vezes que o comportamento foi exibido por fase, dividido pelo número total de atos comportamentais. Os testes estatísticos foram realizados pelo software PAST 4.03 (Hammer et al. 2001). Os dados foram avaliados quanto a normalidade e homoscedasticidade, sendo considerados não paramétricos. Dessa forma, para análise de agressividade, atividade e inatividade entre os animais e entre os dias, foi empregado o teste de Kruskal-Wallis seguido do teste *post-hoc* de Dunnet. O teste U de Mann-Whitney foi utilizado para verificar a diferença na agressividade, atividade e inatividade entre as fases clara e escura. Para verificar se a exibição dos comportamentos de agressividade, atividade, inatividade tinham relação com o tamanho de própodo, foi aplicada uma regressão linear simples.

Por último, foi analisada a atividade circadiana dos animais por dia, e a homogeneidade dos efeitos dos ciclos na fase circadiana usando o teste Z de Rayleigh (Batschelet 1981) através de estatística circular realizada no software Oriana versão 4.02 (Kovach 2013), este teste dá a significância no agrupamento de fases distribuídas em coordenadas circulares (por exemplo, 24 h). Para isso, a duração de todos os comportamentos e de todos os animais foi agrupada por dia, formando o ciclo de 24 horas, (ex: dia 1 fase clara + dia 1 fase escura) com exceção dos comportamentos de inatividade e limpeza visto que os comportamentos de limpeza não puderam ser observados com precisão durante a fase noturna devido a luminosidade não permitir uma visualização precisa desses comportamentos. Todos os dados foram avaliados quanto à normalidade com o teste de Shapiro-Wilk. Todos os valores de $p < 0,05$ foram considerados significativos

RESULTADOS

No total ocorreram 4.363 atos que foram organizados em 8 padrões comportamentais: deslocamento, escavação, inatividade, limpeza, alimentação, atividade de muda e crescimento, padrões agonísticos de abordagem e padrões agonísticos de distanciamento (Tabela 3). O ato mais frequente foi Inatividade parcial, que compreendeu 988 das atividades totais sendo 15.79% na fase clara e 25.73% na fase escura.

Tabela 3- Frequência de cada ato comportamental em condições controladas para as fases Clara e Escura de machos do camarão *Macrobrachium acanthurus*. Entre parênteses o número total de atos comportamentais observados para cada fase.

Padrões Comportamentais	Frequência %	
	Fase clara (1350)	Fase escura (3013)
Locomoção	16.14	16.45
Caminhada	5.92	6.87
Exploração	6.07	8.79
Natação	2.37	0.46
Escavação	1.78	0.33
Escavação	1.78	0.33
Inatividade	30.09	28.72
Inatividade Total	4	0.27
Inatividade Parcial	15.79	25.73
Entocamento	10.3	2.72
Limpeza	17.4	0
Limpeza Dorsal	4.07	0
Limpeza Ventral	13.33	0
Alimentação	1.7	0.16
Alimentação com ração	1.48	0.16
Alimentação com ecdise	0.22	0
Atividade de muda	0.21	0
Pré-ecdise	0.07	0
Ecdise	0.07	0
Pós-ecdise	0.07	0
Padrões agonísticos de abordagem	19.42	28.67
Ameaça	7.34	10.89
Ataque	5.48	13.41
Abraço Frontal	0.07	0.07
Luta completa	0.07	0.63

Luta incompleta	0	0.06
Empurrar	0.59	0.2
Beliscar	3.13	1.66
Aproximação Frontal	2	0.69
Disputa	0.15	0
Giro para a posição frontal	0.15	1.06
Perseguição	0.07	0
Domínio	0.3	0
Defesa	0.07	0
Padrões Agonísticos de distanciamento	15.04	26
Recuo ou Afastamento	10.37	21.35
Ceder Lugar	1.11	0.1
Desvio	0.52	0.43
Submissão	0.3	0
Fuga	2.74	4.12
Total	100	100

Na fase escura houve um maior número de comportamentos inativos em relação a fase clara, porém em relação a frequência, a quantidade de atos inativos não diferiu entre os tratamentos (Mann-Whitney $U= 1.35$ $p=0.08$). Por outro lado, ao avaliar o tempo de duração dos comportamentos de inatividade foi observado que mesmo que a fase clara tenha apresentado um número menor em relação a frequência de comportamentos inativos, os animais permaneceram por mais tempo durante essa fase em inatividade do que na fase escura (Mann-Whitney $U=2.52$, $p= 0.005$).

A variação dos animais em relação ao comprimento do quelípodo não afetou a ocorrência de comportamentos inativos (Fig. 1), não sendo encontradas diferenças significativas entre os espécimes por fase (Kruskal-Wallis claro $H= 0.74$ $p=0.94$; escuro $H=0.16$ $p=0.99$).

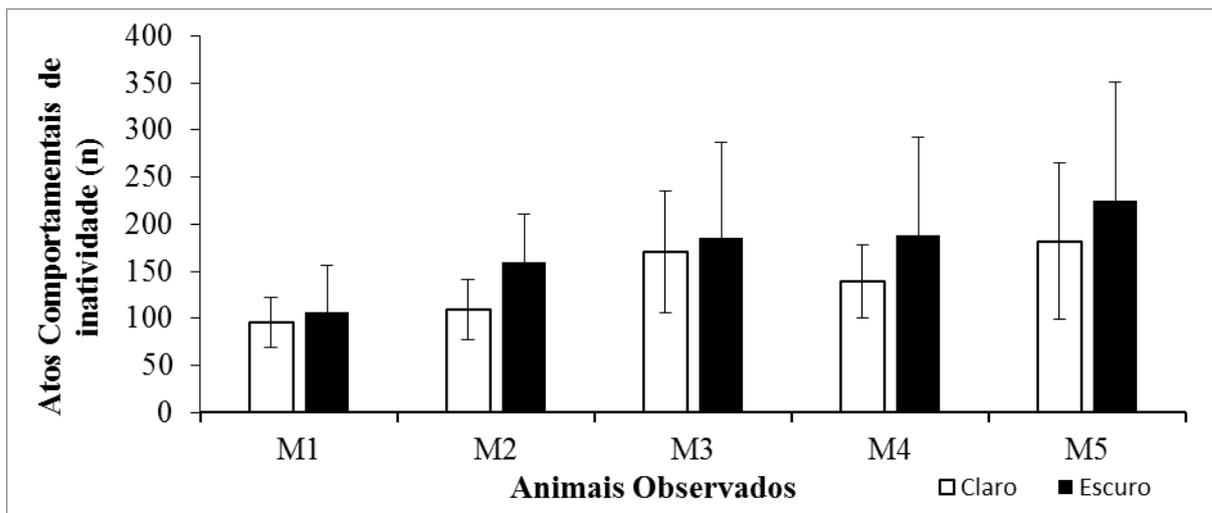


Figura 1. Total de repetições dos atos comportamentais de inatividade exibidos por cada exemplar macho de *Macrobrachium acanthurus* para as fases clara e escura.

Quanto à relação entre o tamanho do própodo e os níveis de inatividade, não existe relação na fase clara, mas existiu uma relação na fase escura. (clara $f=0.27$ $p=0.63$; escura $f=9.62$ $p=0.05$)(Fig. 2).

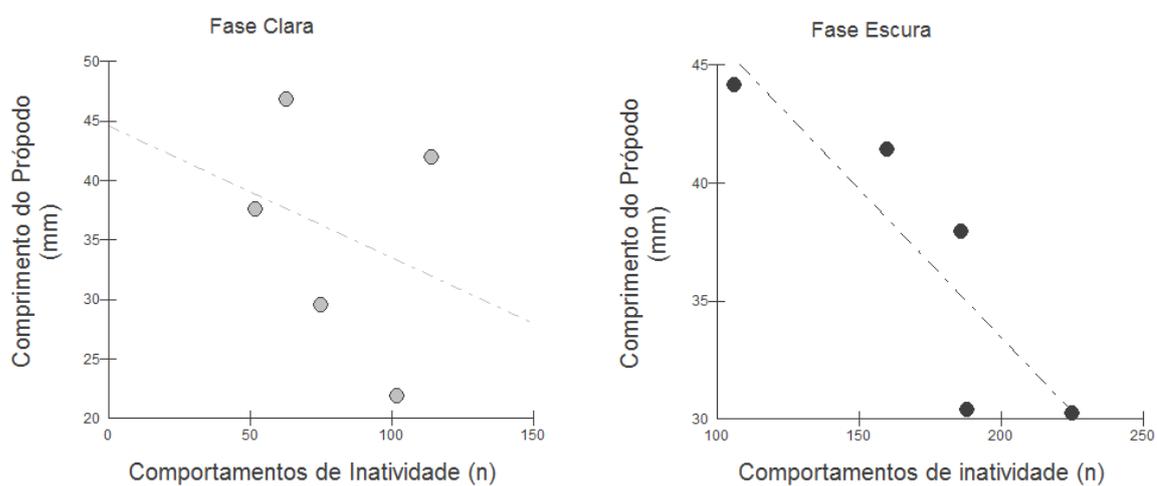


Figura 2. Regressão linear entre quantidade absoluta de comportamentos inativos e tamanho de comprimento do própodo de *Macrobrachium acanthurus*.

Em relação a agressividade, os resultados do estudo mostraram diferenças estatisticamente significativas para as repetições de comportamentos agressivos por fase, com um maior número de atos no escuro (Mann-Whitney $p=0.0001$).

Foi testado se houve variação de agressividade entre os animais entre em cada fase, e mesmo que tenham existido um número maior de comportamentos agressivos na fase escura (Fig. 3a) estatisticamente não existe diferença entre os animais (Kruskal-Wallis: clara $H=1.46$ $p= 0.83$; escura $H=0.74$ $p= 0.94$). Durante a fase escura o número de comportamentos agressivos foi diminuindo gradativamente, o que foi confirmado através do teste de Kruskal-Wallis que apresentou diferença significativa ($H=21.78$ $p= 0.0364$), seguido do teste *post-hoc* de Dunnet que demonstrou diferença ($p < 0.05$) entre os dias 1 e 2 da fase clara, e entre o dia 1 da fase clara e 1 da fase escura (Fig. 3b).

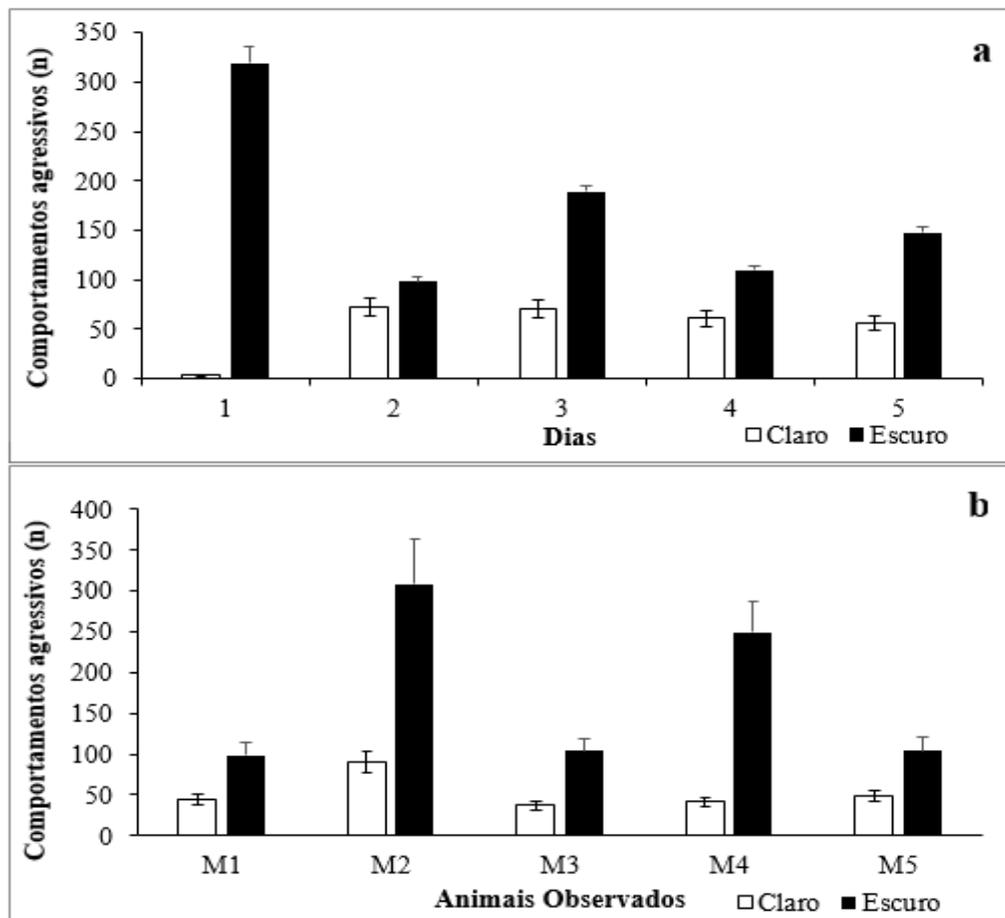


Figura 3. a) Total de repetições dos atos agressivos exibidos por cada exemplar de *Macrobrachium acanthurus* para as fases clara e escura. b) Comportamentos agressivos por dia nas fases clara e escura

Não foi observado relação entre comprimento do própodo e agressividade em nenhuma das fases (Fase Clara $f=0.0015$, $p = 0.9707$; Fase Escura $f = 0.0006$, $p = 0.9800$) (Fig. 4).

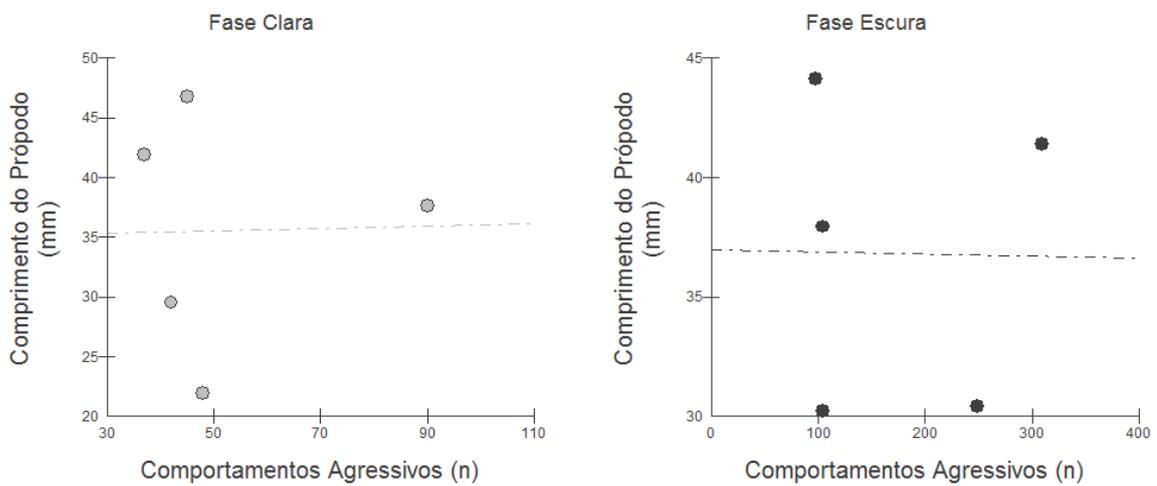


Figura 4. Regressão linear entre quantidade absoluta de comportamentos agressivos e comprimento do própodo de *Macrobrachium acanthurus*.

Macrobrachium acanthurus mantido em um fotoperíodo de 12C:12E apresentou atividades diferentes nas fases claro e escuro. Seja exposto a condições de luz branca ou vermelha, foi observado que existiram atividades nos dois grupos de tratamento. No entanto, a quantidade de repetições de atos referentes a comportamentos de atividade de animais expostos à luz vermelha (fase escura) foi estatisticamente maior do que a dos animais mantidos no claro. (Mann-Whitney, $U= 2.19$, $p= 0.01$).

Foi testado se houve variação na atividade entre os animais em cada fase, Kruskal-Wallis (clara $H=3.05$ $p= 0.54$; escura $H=1.23$ $p= 0.87$) e observamos que estatisticamente não existe variância entre os animais (Fig. 5).

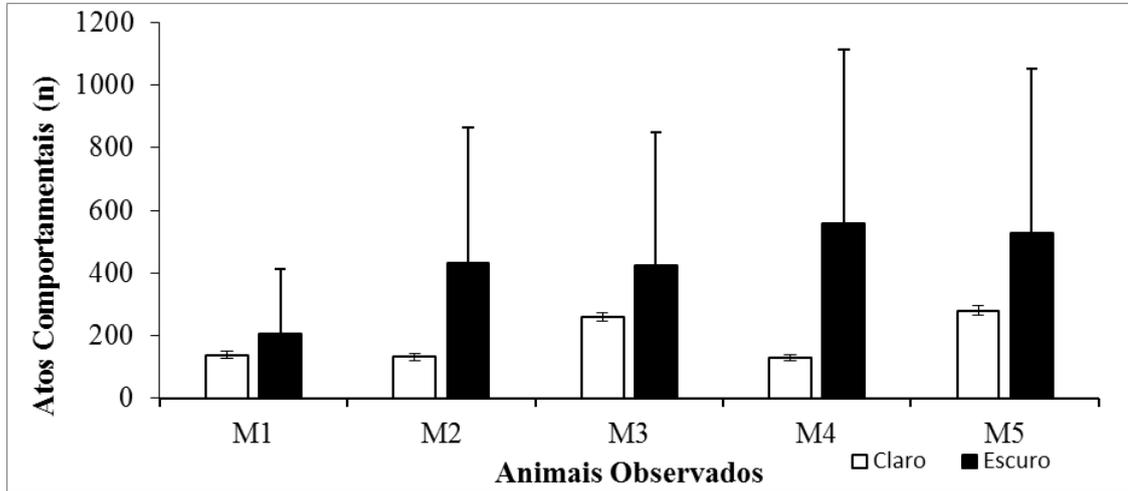


Figura 5. Total de atividade exibidos por cada exemplar de *Macrobrachium acanthurus*. M1, M2, M3, M4, M5 representam cada exemplar observado.

Não foi observado relação entre os comportamentos ativos e o tamanho do própodo de *M. acanthurus* na fase clara, mas houve na escura (Fase Clara $f = 0.49$, $p = 0.53$; Fase Escura $f= 10.86$, $p = 0.04$) (Fig. 6).

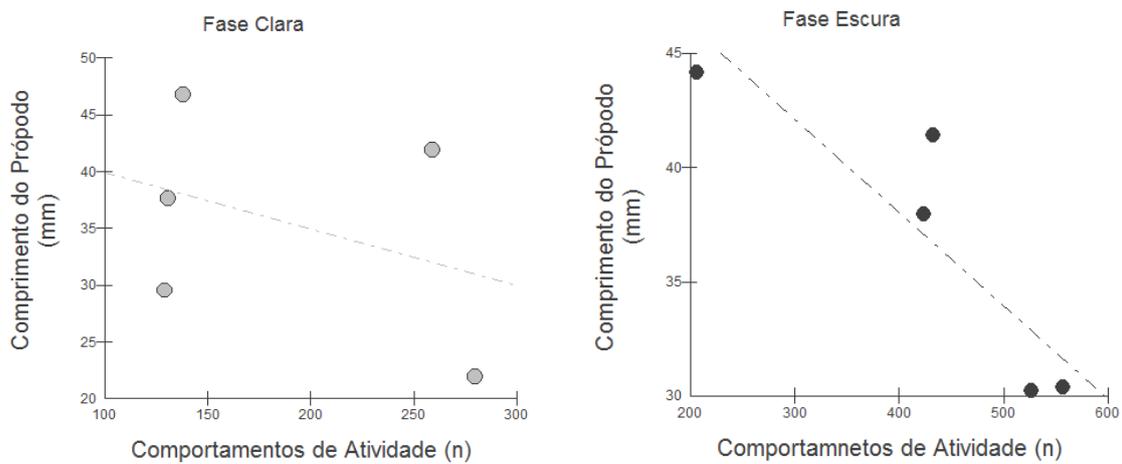


Figura 6. Regressão linear entre quantidade absoluta de comportamentos ativos e tamanho de comprimento do própodo de *Macrobrachium acanthurus*.

A análise circular indicou que todos os animais mostraram um ritmo circadiano com maior atividade durante os períodos crepuscular e noturno. Atividade foi concentrada de 17:00 até 03:00 h (Fig. 7). Valores de Z e p para as análises circulares são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3. Resultados do teste Z de Rayleigh para atividade circadiana de *Macrobrachium acanthurus*.

Comprimento de			
Dias	vetor médio (r)	Z Valor	p Valor
1	0.347	1.936	ns
2	0.041	2.704	ns
3	0.239	0.917	ns
4	0.508	4.131	0.05
5	0.326	1.706	ns

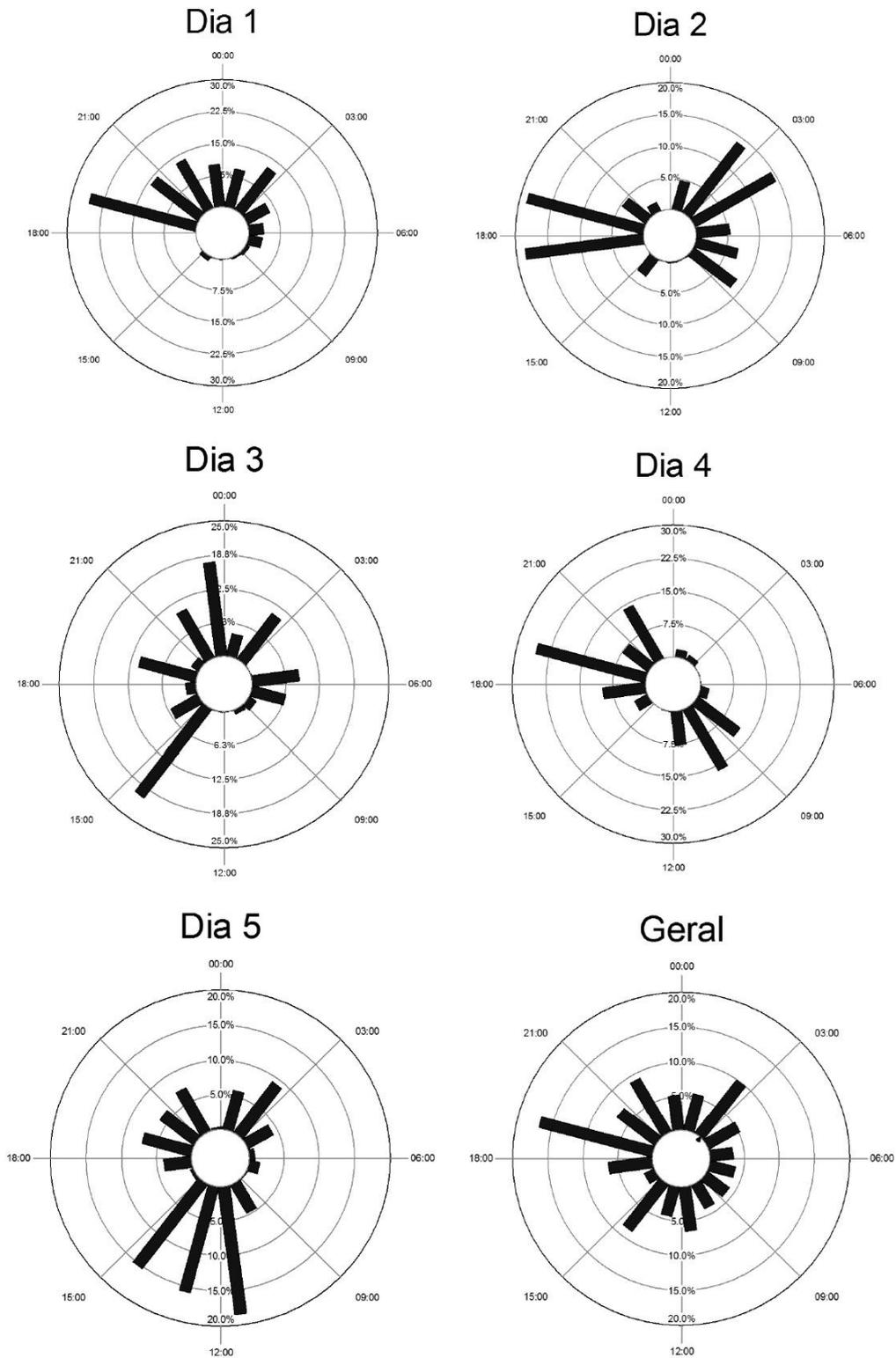


Figura 7- Níveis de atividade diários por horário. De 7:00 às 19:00 corresponde as observações em fase clara e de 19:00 às 07:00 observações em fase escura.

DISCUSSÃO

Embora já tenha sido relatado que espécies do gênero *Macrobrachium* possuem hábitos noturnos (Coelho 1963; Bernardi 1990; Santos et al. 2007; Dos Santos et al. 2015) nosso estudo é o primeiro que trata de mudanças nas atividades diárias de *Macrobrachium acanthurus* em resposta a mudanças na intensidade da luz, bem como comportamentos sociais e individuais exibidos pela espécie.

Nós observamos que a atividade dos camarões é determinada pelo ciclo claro-escuro, onde a variação de intensidade da luz pode inibir ou influenciar as atividades da espécie. A maioria dos padrões comportamentais descritos foram observados tanto no claro quanto no escuro, mesmo que não tenha sido observado a mesma intensidade nas duas fases (ver tabela 3). Isso mostra que ambas as fases apresentam condições para os animais explorarem e se deslocarem no meio, porém os comportamentos ativos apresentaram picos de maior intensidade de atividade na fase escura, quando os animais estavam sob influência de baixa intensidade luminosa podendo ser uma estratégia de vida da espécie.

A maior intensidade de atividade durante a fase escura, se deve ao hábito de *M. acanthurus* se deslocar a procura de alimento, caracterizando a espécie como crepuscular/noturna com atividades mais acentuadas à partir do entardecer (Coelho 1963; Carvalho 1973; Bernardi 1990). Dessa forma durante o dia, os camarões descansam em refúgios que os protegem da predação, e durante a noite, enquanto os predadores estão em inatividade, eles saem em forrageamento. Além disso, comportamentos noturnos podem permitir encontrar presas com mais facilidade, o que sugere que os batimentos frequentes de antenas e antênulas que são observados durante os comportamentos exploratórios, podem servir para conseguir detectar alimento durante a fase de baixa luminosidade. De acordo com Pittendrigh (1965) a

periodicidade diária do ciclo claro/escuro teria sido o principal fator para o surgimento de oscilações circadianas, com isso a variação da luminosidade ao longo das 24 horas é capaz de sincronizar os ritmos circadianos ao ambiente externo.

Outras observações de atividade de *Macrobrachium* em fase escura já haviam sido registradas. Por exemplo *Macrobrachium australiense* (Holthuis, 1950) é uma espécie noturna que durante a fase clara utiliza refúgios no intuito de fugir de predadores (Lammers et al. 2009). Bernardi (1990) verificou que em baixas temperaturas *M. acanthurus* apresentou comportamentos exploratórios baixos tanto no claro quanto no escuro, porém com o aumento da temperatura os comportamentos também aumentavam ocorrendo nas duas fases, com maior intensidade no escuro, sendo os resultados dessa fase mais do que o dobro da fase clara. Essa observação mostra que a fase em que um animal se mantém ativo é relacionada às características específicas de sua fisiologia, morfologia e comportamento, pois dependendo da hora do dia que sua atividade está mais acentuada ele enfrenta desafios ambientais distintos, que podem ocasionar a seleção de especializações (Kronfeld-Schor and Dayan 2008).

Não apenas em *M. acanthurus* mas outros camarões também apresentam preferência por atividades em fase escura, como *Macrobrachium rosenbergii* (Smith and Sandifer 1979; Dos Santos et al. 2015), *Fenneropenaeus merguensis* De Man, 1888 (Hindley 1975) *Palaemon xiphias* Risso, 1816 (Guerao 1996), *Litopenaeus vannamei* Boone, 1931 (Pontes 2006; Santos et al. 2007).

O alto nível de atividade comportamental no quinto dia da fase clara ocorreu devido a ecdise de um dos animais dentro do tanque, isso fez com que os animais ficassem mais ativos devido a tentativas de ataque ao camarão recém mudo. Essa troca de carapaça em fase clara foi o único registro de ecdise durante as observações, porém registros de ecdise sob forte luminosidade já haviam sido registrados, por exemplo Pervaiz et al. (2015) observou que

Macrobrachium dayanum realiza mais frequentemente atividades de muda em fase clara, o mesmo foi observado por Volpato & Hoshino (1987) para *Macrobrachium iheringi*, onde registraram que os animais realizaram troca de carapaça em fase clara para evitar ataques de seus co-específicos, visto que durante o claro os outros tendem a estar em inatividade.

As análises mostrando animais mais ativos em fase escura e menos em fase clara demonstra complementariedade nos resultados. Altos níveis de inatividade foram observados nos dois fotoperíodos, tanto em relação a frequência quanto em relação ao tempo em que os animais se mantiveram inativos (ver tabela 1 e figura 2). Em fase clara, valores significativos de comportamentos inativos já eram esperados já que os animais se locomovem no escuro, porém em fase escura mesmo que a frequência de repetições desses atos tenha sido maior, o tempo de permanência em inatividade foi menor que em fase clara. Os atos de inatividade são vistos muitas vezes como comportamentos de descanso dos animais, a contabilização e registro de atos inativos se faz importante também como caracterização dos hábitos de cada espécie, pois os animais raramente estão ativos o tempo todo, em geral é observado uma alternância entre momento de atividade e repouso (Tomotani & Oda 2012).

Em relação aos comportamentos agressivos, um número considerável de atos distintos foi exibido. Os encontros agressivos entre animais da mesma espécie foram denominados "comportamento agonístico", por serem diferentes das relações predador e presa, ocorrendo quando os indivíduos disputam recursos, podendo resultar em ferimentos ou perda de membros e os confrontos são encerrados quando um dos indivíduos exhibe um recuo simples ou distanciamento do oponente (Moore 2007). Observamos que em fase escura os comportamentos agonísticos foram diminuindo gradativamente com os dias, isso pode ser resultado do estabelecimento de dominância dentro do aquário. A dominância é um tipo de hierarquia social caracterizada pela definição dentro de um grupo, de dominante e submisso, sendo que o

dominante possui prioridade de acesso a recursos limitados, como alimento, parceiros para acasalamento, abrigo e território (Ridley 1995), depois que uma hierarquia de dominância é estabelecida, as interações agressivas subsequentes tendem a diminuir (Drews 1993; Moore 2007). Com o passar dos dias de observação, foi percebido que além dos atos agonísticos terem diminuído, os animais dividiam o mesmo abrigo, muitas vezes os indivíduos recorreram à coabitação somente na escassez de abrigo (Balasundaram 2004). Por outro lado foi observado para *Macrobrachium rosenbergii* que não existiu em nenhuma situação o compartilhamento de abrigo pelos camarões (Dos Santos et al. 2015)

A ausência de relação entre Própedo/Inatividade e Própedo/Atividade na fase clara pode ser resultado da biologia da espécie, que como já relatado, tem hábitos noturnos. Dessa forma durante a fase clara não houve diferenças entre os espécimes visto que todos se encontravam pouco ativos. Apesar de *M. acanthurus* não ter demonstrado relação entre a agressividade e o tamanho de comprimento do própedo, foi observado que os animais que tinham menores quelípodos não iam de encontro aos que tinham quelípodos maiores em nenhuma ocasião, de forma que não era necessário que animais de quelípodos maiores demonstrassem comportamentos agressivos com os menores para conseguir se sobressair. De modo geral animais subordinados mostram comportamentos submissos e de evitação (Drews 1993). Acreditamos que devido ao fato de animais de própedo menor evitarem o contato com os outros possa ser a causa de não termos encontrado relação entre Própedo/Agressividade.

Alguns estudos citam que o tamanho do animal e dos quelípodos interferem-na agressividade e comportamento de animais dominantes (Moore 2007). Essa variação de tamanho de quelas interfere diretamente na dominância. Por exemplo o nível de agressão em lagostins pode ser influenciado por muitos fatores diferentes, que incluem tamanho físico, propriedade de recursos, história social anterior e até sua neuroquímica (Bovbjerg 1956; Moore

2007), de forma que se não houver diferenças entre 30% no tamanho da quela entre os animais, os lagostins com a carapaça maior geralmente se tornam dominantes (Moore 2007). Além disso exibições ritualizadas podem facilitar o estabelecimento de hierarquias sociais e/ ou territórios sem a necessidade de combate físico devido apenas a visualização do oponente (Enquist et al. 1990; Grosenick et al. 2007; Arnott & Elwood 2009).

Sinais intraespecíficos podem servir como uma forma de estabelecer hierarquias diminuindo as agressões (O'Connor et al. 1999). Peixes ciclídeos, por exemplo, tem a definição de dominantes e subordinados associado a coloração, de forma que animais com listras mais escuras são normalmente os submissos, enquanto os peixes dominantes são tipicamente mais pálidos (Falter 1987; Beeching 1995). Dessa forma, no status social a cor do corpo é um sinal intraespecífico que pode funcionar para diminuir a agressão e auxiliar no estabelecimento de uma hierarquia. No presente estudo, os animais mais escuros e de maiores quelípodos apresentavam características de domínio sobre os mais claros, nossas observações sugerem que os animais com essas características físicas tendem a ser dominante nessa espécie.

CONCLUSÃO

Macrobrachium acanthurus é uma espécie crepuscular/noturna que tem seus hábitos influenciados pelo ciclo circadiano por meio da variação da intensidade luminosa, e isso interfere nos níveis de atividade e inatividade exibidos pela espécie. Mesmo com hábito crepuscular/noturno a espécie apresenta comportamentos de atividade em todas as faixas de horário do dia. Comportamentos agressivos relacionados ao tamanho do própodo não foram identificados, mas foi observada uma formação de domínio sem a necessidade de agressão. Sugerimos que estudos que abordem a variação morfotípica, bem como análises da organização da espécie sejam realizados.

REFERÊNCIAS

- Albertoni EF, Palma-Silva C, Esteves FDA. 2003. Natural Diet of Three Species of Shrimp in a Tropical Coastal Lagoon. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 46 (3): 395–403.
- Almeida EO, dos Santos RB, Coelho Filho PA, Junior AC, de Souza APL, Soares EC. 2018. Policultivo Do Curimatã Pacu Com o Camarão Canela. *Boletim Do Instituto de Pesca* 41 (2): 271–78.
- Arnott G, Elwood RW. Elwood. 2009. Assessment of Fighting Ability in Animal Contests. *Anim. Behav. Animal Behaviour* 77: 991–1004.
- Ayres-Peres L, Araújo PB, Santos S. 2011. Description of the Agonistic Behavior of *Aegla Longirostri* (Decapoda: Aeglidae). *Journal of Crustacean Biology* 31 (3): 379–88.
- Balasundaram C, Jeyachitra P, Balamurugan P. 2004. Shelter Preference in *Macrobrachium* Spp. with Reference to Aquaculture. *Acta Ethologica* 7 (2): 95–101.
- Batschelet E. 1981. *Circular Statistics in Biology*. London, UK:Academic Press.
- Bauer RT. 1981. Grooming Behavior and Morphology in the Decapod Crustacea. *Journal of Crustacean Biology* 1 (2): 153–73.
- Beeching SC. 1995. Colour Pattern and Inhibition of Aggression in the Cichlid Fish *Astronotus Ocellatus*. *Journal of Fish Biology* 47 (1): 50–58.
- Bernardi N. 1990. Temperature Influence upon Food Ingestion and Spontaneous Locomotion of the Freshwater Prawn *MACROBRACHIUM ACANTHURUS* (WIEGMANN, 1836) (CRUSTACEA, DECAPODA, PALAEMONIDAE). *Journal of Thermal Biology* 15 (1): 33–36.

- Boujard T, Leatherland J. 1992. Circadian Rhythms and Feeding Time in Fishes. *Environmental. Biology of Fishes* 35 (2): 109–31.
- Bovbjerg RV. 1956. Some Factors Affecting Aggressive Behavior in Crayfish. *Physiological Zoology* 29 (2): 127–36.
- Carvalho HA. 1973. Fisiocologia Do Pitu *Macrobrachium Acanthurus* (Wiegmann, 1836) Crustacea, Decapoda) Comportamento, Consumo de Oxigênio e Resistência as Variações de Salinidade. Dissertação de Mestrado, Brazil. Universidade de São Paulo.
- Challet E, Pévet P. 2003. Interactions between Photic and Nonphotic Stimuli to Synchronize the Master Circadian Clock in Mammals. *Frontiers in Bioscience* 8: 246-s257.
- Coelho PA. 1963. Observações Preliminares Sobre a Biologia e a Pesca Dos Camarões Do Gênero *Macrobrachium* Bate, 1868 (Decapoda Palaemonidae) No Estado de Pernambuco. *Trabalhos Do Instituto Oceanográfico da Universidade Federal Rural de Pernambuco* 3: 75–81.
- Da Costa FP, Suellen B, Farias F De, Dinara S. 2016. Influence of Stocking Density on the Behaviour of Juvenile *Litopenaeus Vannamei* (Boone , 1931). *Aquaculture Research*, 47(3): 912-924. <https://doi.org/10.1111/are.12550>.
- Cruz JGP. 2007. Ritmo Circadiano e Atividade Locomotora Em *Bothrops Jararacussu*. *Biotemas* 20 (3): 55–61.
- Dalosto MM, Palaoro AV, Costa JR, Santos S. 2013. Aggressiveness and Life Underground: The Case of Burrowing Crayfish. *Behaviour* 150 (1): 3–22.
- Davidson AJ, Menaker M. 2003. Birds of a Feather Clock Together–Sometimes: Social Synchronization of Circadian Rhythms. *Current Opinion in Neurobiology* 13 (6): 765–

69.

- Daws AG, Grills J, Konzen K, Moore PA. 2002. Previous Experiences Alter the Outcome of Aggressive Interactions between Males in the Crayfish, *Procambarus Clarkii*. *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology* 35 (3): 139–48.
- Dos Santos DB, Pontes CS. 2016. Behavioral Repertoire of the Giant Freshwater Prawn *Macrobrachium Rosenbergii* (De Man, 1879) in Laboratory. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology* 4 (4): 109–15. <https://doi.org/10.14269/2318-1265/jabb.v4n4p109-115>.
- Dos Santos DB, Pontes CS, Maria P, Campos O. 2015. Acta Scientiarum Behavioral Profile of *Macrobrachium Rosenbergii* in Mixed and Monosex Culture Submitted to Shelters of Different Colors. <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v37i3.24656>.
- Drews C. 1993. The Concept and Definition of Dominance in Animal Behaviour. *Behaviour* 125 (3–4): 283–313.
- Enquist M, Leimar O, Ljungberg T, Mallner Y, Segerdahl N. 1990. A Test of the Sequential Assessment Game-Fighting in the Cichlid Fish *Nannacara Anomala*. *Animal Behaviour* 40: 1–14.
- Falcón J, Besseau L, Sauzet S, Boeuf G. 2007. Melatonin Effects on Thehypothalamo-Pituitary Axis in Fish. *Trends Endocrinology & Metabolism* 18: 81–88.
- Falter U. 1987. Description of the Color Patterns in *Oreochromis-Niloticus* (1)(Teleostei, Cichlidae). (Vol. 117, No. 2, p. 201). In *Annales de La Societe Royale Zoologique de Belgique* 117 (2): 201–19.
- Grosenick L, Clement TS, Fernald RD. 2007. Fish Can Infer Social Rank by Observation

- Alone. *Nature* 445: 429–432.
- Guerao G. 1996. Locomotor Activity Patterns and Feeding Habits in the Prawn *Palaemon Xiphias* (Crustacea: Decapoda: Palaemonidae) in Alfacs Bay, Ebro Delta (Northwest Mediterranean). *Marine Biology* 122 (1): 115–19.
- Hammer, O, Harper DAT, Ryan PD. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologica Electronica* 4(1):9.
- Herrero MJ, Madrid JA, Sánchez-Vázquez FJ. 2003. Entrainment to Light of Circadian Activity Rhythms in Tench (*Tinca Tinca*). *Chronobiology International* 20 (6): 1001–17.
- Hindley JPR. 1975. The Detection, Location and Recognition of Food by Juvenile Banana Prawns, *Penaeus Merquiensis* de Man. *Marine Behaviour and Physiology* 3 (3): 193–210.
- Holthuis LB. 1952. A General Revision of the Palaemonidae (Crustacea Decapod Natantia) of the Americas. II. The Subfamily Palaemonidae, 396p.
- Kovach WL. 2013. Oriana for Windows, Versão 4.02. Kovach Computing Services, Pentraeth.
- Kronfeld-Schor N, Dayan T. 2008. Activity Patterns of Rodents: The Physiological Ecology of Biological Rhythms. *Biological Rhythms Research* 39: 193–211.
- Kutty MN, Valenti WC. 2010. Culture of Other Freshwater Prawn Species. *Freshwater Prawns: Biology and Farming*. Blackwell Publishing, Oxford, 502–23.
- Lammers JH, Warburton K, Cribb BW. 2009. Anti-Predator Strategies in Relation to Diurnal Refuge Usage and Exploration in the Australian Freshwater Prawn, *Macrobrachium Australiense*. *Journal of Crustacean Biology* 29 (2): 175–82. <https://doi.org/10.1651/08-3043.1>.
- Levy O, Dayan T, Kronfeld-Schor N. 2007. The Relationship between the Golden Spiny Mouse

- Circadian System and Its Diurnal Activity: An Experimental Field Enclosures and Laboratory Study. *Chronobiology International* 24: 599–613.
- Magalhães C. 1999. Crustáceos Decápodos. In: Ismael, D.; Valenti, W. C.; Matsumura-Tundisi, T. & Rocha, O. (Orgs). *Invertebrados de água doce. v.4. Biodiversidade do Estado de São Paulo, Brasil: Síntese do conhecimento ao final do Século XX* (Joly, C. A. & Bicudo, C. E. M., Orgs). FAPESP, São Paulo, Brasil, p.127-133.
- Martin P, Bateson P. 1999. *Measuring Behaviour: An Introductory Guide*. Edited by Cambridge University Press. 2nd ed. Cambridge, 90-91.
- Melo GAS. 2003. *Manual De Identificação Dos Crustacea Decapoda De Água Doce Do Brasil*. Edited by Loyola. São Paulo, 430p.
- Moore PA. 2007. Agonistic Behavior in Freshwater Crayfish: The Influence of Intrinsic and Extrinsic Factors on Aggressive Behavior and Dominance. In *Evolutionary Ecology of Social and Sexual Systems: Crustacea as Model Organisms*, 90–114.
- Moraes-Riudades PMC, Valenti WC. 2004. Morphotypes in Male Amazon River Prawns, *Macrobrachium Amazonicum*. *Aquaculture* 236 (1–4): 297–307. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2004.02.015>.
- O'Connor KI, Metcalfe NB, Taylor AC. 1999. Does Darkening Signal Submission in Territorial Contests between Juvenile Atlantic Salmon, *Salmo Salar*?. *Animal Behaviour* 58 (6): 1269–76.
- Papa LP, Vicentini IBF, Ribeiro K, Vicentini CA, Pezzato LE. 2004. Diferenciação Morfotípica de Machos Do Camarão de Água Doce *Macrobrachium Amazonicum* a Partir Da Análise Do Hepatopâncreas e Do Sistema Reprodutor. *Acta Scientiarum. Animal Sciences* 26 (4): 463–67.

- Pervaiz A, Sudan M, Manohar S. 2015. Studies on the effect of photoperiodism and temperature on moulting of a freshwater prawn *Macrobrachium dayanum*. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, v. 3, n. 1, p. 325-328.
- Pittendrigh CS. 1965. Biological Clocks: The Functions, Ancient and Modern, of Circadian Oscillations. *Science and the Sixties*, 96–111.
- Pontes CS. 2006. Padrão de Deslocamento Do Camarão Marinho *Litopenaeus Vannamei* (Boone) (Crustacea, Decapoda, Penaeidae) Nas Fases Clara e Escura Ao Longo de 24 Horas. *Revista Brasileira de Zoologia* 23 (1): 223–27.
- Pontes CS, Arruda MDF, Augusto A, Menezes DL. 2006. Daily Activity Pattern of the Marine Shrimp *Litopenaeus Vannamei* (Boone 1931) Juveniles under Laboratory Conditions, no. Boone 1931: 1001–6. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2006.01519.x>.
- Reilly T, Atkinson G, Waterhouse J. 2000. Chronobiology and Physical Performance. *Exercise and Sport Science* 24: 351–72.
- Ridley M. 1995. *Animal Behavior: An Introduction to Behavioral Mechanisms, Development, and Ecology*.
- Santos DB, Freire FAM, Pontes CS, Cacho JCS. 2007. Comportamento De Escavação E Enterramento, Preferência De Sedimento E Atividade Natatória Dos Camarões Juvenis E Pré-Adultos *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931), Em Condições De Laboratório. *Anais Do VIII Congresso de Ecologia Do Brasil Caxambu – MG* 1-2.
- Schulz UH, Leuchtenberger C. 2006. Activity Patterns of South American Silver Catfish (*Rhamdia Quelen*). *Brazilian Journal of Biology* 66 (2a): 565–74.
- Schwalbe MA, Webb JF. Webb. 2015. The Effect of Light Intensity on Prey Detection

- Behavior in Two Lake Malawi Cichlids, *Aulonocara Stuartgranti* and *Tramitichromis* Sp. *Journal of Comparative Physiology* 201 (4): 341–56.
- Silva CEL dos S. 2014. Diferenciação Morfotípica De Machos De Camarão De Água Doce *Macrobrachium acanthurus* (Wiegman, 1836). Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal do Piauí, 46 p.
- Smith TIJ, Sandifer PA. 1979. Observations on the Behavior of the Malaysian Prawn, *Macrobrachium Rosenbergii* (de Man), to Artificial Habitats† . *Marine Behaviour and Physiology* 6 (2): 131–46. <https://doi.org/10.1080/10236247909378560>.
- Tomotani BM, Oda GA. 2012. Diurnos Ou Noturnos? Discutindo Padrões Temporais de Atividade. *Revista Da Biologia* 9 (3): 1–6. <https://doi.org/10.7594/revbio.09.03.01>.
- Valenti WC. 1998. Carcinicultura de Água Doce: Tecnologia Para a Produção de Camarões. Edited by IBAMA/FAPESP. São Paulo.383p.
- Vera LM, De Pedro N, Gómez-Milán E, Delgado MJ, Sánchez-Muros MJ, Madrid JA, Sánchez-Vázquez FJ. 2007. Feeding Entrainment of Locomotor Activity Rhythms, Digestive Enzymes and Neuroendocrine Factors in Goldfish. *Physiology and Behavior* 90: 518–24.
- Volpato GL, Hoshino K. 1987. Diurnal or Nocturnal Ecdysis Determined by Population Factors in the Freshwater Prawn. *Boletim de Fisiologia Animal* 11: 113–21.
- Volpato GL, Trajano E. 2006. Biological rhythms. *Fish physiology* 21: 101-153.
- Yamamoto ME, Volpato GL. 2011. Comportamento Animal. Edited by Natal Editora UFRN.520p.

5 CONCLUSÃO

Os resultados aqui apresentados nos trazem importantes informações sobre a história natural e interações sociais dessa espécie. Foram identificados 32 atos comportamentais classificados como comportamentos de locomoção, alimentação, escavação, inatividade, e comportamentos agonísticos de abordagem e distanciamento. Além disso a espécie demonstrou picos de atividade em período de baixa luminosidade devido a suas estratégias de vida, sendo esse horário mais conveniente para sobrevivências dos organismos. Os animais moveram-se constantemente durante todo o período de observação não demonstrando inibição devido a luminosidade artificial, sugerindo boa adaptação a realização desse tipo de experimento. Foi observado que dentro do grupo, os caracteres morfológicos dos animais são ferramentas importantes para a definição de hierarquia, de forma que animais de maior porte e coloração mais escura não precisam demonstrar altos níveis de agressividade com os demais para se estabelecer hierarquicamente.