



Universidade Federal do Pará



Faculdade de Oceanografia



Instituto de Geociências

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

ANA PAULA FERREIRA DANIN

EFEITO DA DENSIDADE DE *Neritina zebra* BRUGUIÈRE, 1792 (MOLLUSCA: GASTROPODA) NA CONCENTRAÇÃO DE CLOROFILA-*a* EPILÍTICA DO ENTREMARÉS DA ILHA DE MOSQUEIRO-PA.

BELÉM-PARÁ
DEZEMBRO - 2014

ANA PAULA FERREIRA DANIN

EFEITO DA DENSIDADE DE *Neritina zebra* BRUGUIÈRE, 1792 (MOLLUSCA:
GASTROPODA) NA CONCENTRAÇÃO DE CLOROFILA-*a* EPILÍTICA DO
ENTREMARÉS DA ILHA DE MOSQUEIRO-PA.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Oceanografia do Instituto de
Geociências da Universidade Federal do Pará em
cumprimento às exigências para obtenção do
grau de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Dr. James Tony Lee.

BELÉM

2014

Dados Internacionais de Catalogação de Publicação (CIP)
Biblioteca do Instituto de Geociências/UFPA

Danin, Ana Paula Ferreira, 1992-

Efeito da densidade de *Neritina zebra* Bruguière, 1792 (Mollusca: Gastropoda) na concentração de Clorofila-*a* epilítica do entremarés da ilha de Mosqueiro-PA / Ana Paula Ferreira Danin. – 2015.

32 f : il. ; 30 cm

Inclui bibliografias

Orientador: James Tony Lee

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Oceanografia, Belém, 2014.

1. Invertebrados – Alimentos. 2. Clorofila – Mosqueiro (PA). 3. Biofilmes – Mosqueiro (PA). 4. Organismos de entremarés – Mosqueiro (PA). I. Título.

CDD 22. ed. 594.3

ANA PAULA FERREIRA DANIN

EFEITO DA DENSIDADE DE *Neritina zebra* BRUGUIÈRE, 1792 (MOLLUSCA:
GASTROPODA) NA CONCENTRAÇÃO DE CLOROFILA-*a* EPILÍTICA DO
ENTREMARÉS DA ILHA DE MOSQUEIRO-PA.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Oceanografia do Instituto de
Geociências da Universidade Federal do Pará em
cumprimento às exigências para obtenção do
grau de Bacharel em Oceanografia.

Data de aprovação: 17 / 12 / 14

Conceito: BOM

Banca examinadora:



Prof. James Tony Lee- Orientador

Doutor em Biologia


Universidade Federal do Pará



Prof. Marcelo Petracco - Membro

Doutor em Oceanografia Biológica

Universidade Federal do Pará



Prof. Solana Boschilia - Membro

Doutora em Ecologia

Universidade Federal do Pará

À minha mãe por ser uma fonte de amor inesgotável.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, meus pais, avós e irmãos, em especial minha avó e segunda mãe Tetê sem a qual eu jamais teria chegado até aqui e que sempre está pronta a me ajudar; a minha mãe por ter me passado as mais valiosas lições de amor e por quem eu quero fazer tudo valer a pena; e a minha irmã Amanda por ser minha alegria e o exemplo que eu busco seguir todos os dias. Aos meus tios e tias, que sempre estiveram na torcida por mim.

Ao Professor James Lee, por ter aceitado orientar este trabalho e por me ensinar o valor da dedicação, da responsabilidade e de sempre se fazer o melhor que puder para alcançar os objetivos.

A Professora Sílvia Kawakami, pela disponibilidade do laboratório de Oceanografia Química, e a todos os professores que fizeram parte desta jornada e que me apresentaram o mundo das Ciências do Mar.

Aos professores Marcelo Petracco e Solana Boschilia que aceitaram fazer parte desta banca.

Aos colegas de laboratório: Juliana, Cássio, Raque e Rodrigo, este trabalho não seria possível sem vocês, meus “neritinólogos” favoritos.

Aos amigos: Karina, pelos conselhos, conversas sem fim, risadas inesquecíveis e abraços sempre necessários; Kelly, por sempre estar ao meu lado e tentar me compreender (mesmo quando eu não fazia muito sentido); Raque, na qual eu descobri uma amizade que sempre está lá pra me salvar (literalmente!); Maru, por ser minha parceira de sorvete e de longas conversas sobre o futuro; Yan, pelas melhores “músicas motivacionais” que alguém pode precisar durante a madrugada; e as amigas Ingrid e Mandinha que mesmo de longe continuam a manifestar todo seu apoio.

E a toda turma de Oceanografia 2011, que foram as melhores pessoas com as quais eu poderia ter passado os últimos quatro anos, não trocaria isso por nada.

"It is our choices that show what we truly are, far more than our abilities."

J.K. Rowling

RESUMO

O ambiente de entremarés é caracterizado pelo constante regime de submersão e imersão e por variações ambientais responsáveis por condicionar a zonação e abundância dos indivíduos que ali vivem. Estes ambientes também se destacam por alta produtividade primária, a qual é realizada pelo microfitobentos componente do biofilme epilítico. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da densidade do gastrópode *Neritina zebra* na concentração de clorofila - *a* epilítica no substrato consolidado do entremarés das Praias do Paraíso, Farol e Grande da Ilha de Mosqueiro – Pará e. Foram estimadas as densidades de indivíduos adultos, intermediários e recrutas para medir a influência das diferentes classes de tamanho sobre a disponibilidade do biofilme. Para as amostras de densidade foram utilizados amostradores quadrados de 25 x 25 cm e feitas 10 réplicas em cada praia, e para as amostras destinadas a extração de clorofila - *a*, utilizada como uma medida indireta da produção primária e da abundância de microfitobentos, foram removidos fragmentos de rochas de aproximadamente 3 x 3 cm, sendo estas coletas realizadas nos meses de maio e outubro de 2014. As diferenças de densidade de *Neritina zebra* para três classes de tamanho foram significativas para os meses e para as praias estudadas, assim como a concentração de clorofila - *a*. O efeito da densidade sobre a concentração de clorofila foi notável nos intermediários, nos quais foi possível se observar uma relação denso-dependente, na qual altas densidades de indivíduos estão relacionadas a baixas concentrações de clorofila, no entanto este padrão não é constante, sendo observado um ponto no qual esta relação deixa de existir. O efeito exercido pelos recrutas e adultos foi menos evidente quando comparado ao dos intermediários, sugerindo que estes últimos apresentam um maior papel na estruturação da comunidade microalgal local.

PALAVRAS-CHAVE: *Neritina zebra*. Clorofila. Biofilme. Entremarés.

ABSTRACT

The intertidal environment is characterized by a constant submersion and immersion regime and these environmental variations are responsible for conditioning the zoning and abundance of individuals living there. These environments are also recognized for high primary productivity, which is performed by the epilithic microphytobenthos. This work was conducted on the beaches of Paraiso, Farol and Grande in Mosqueiro - Pará and aimed to evaluate the density effect of the gastropod *Neritina zebra* on epilithic chlorophyll-a of the intertidal consolidated substrate. The densities of recruits, intermediaries and adults were estimated to measure the influence of different size classes on the availability of the biofilm. For the density were used samplers squares of 25 x 25 cm and made 10 replicates at each beach, and for the samples for chlorophyll extraction, used as an indirect measure of primary production and the abundance of microphytobenthos, fragments of approximately 3 x 3 cm were removed from rocks, each collect was made in the months of May and October. The density differences for the three size classes of *Neritina zebra* were significant for the months and the beaches studied, as well as the chlorophyll. The effect of density on the concentration of chlorophyll appeared prominently in intermediaries, of which it was possible to observe a density-dependent relationship in which high densities of individuals are related to low chlorophyll concentrations, however this pattern is not constant, being observed a moment when this relationship ceases to exist. The effect of the recruits and adults was less evident when compared to intermediaries, suggesting that they have a greater role in structuring the local microalgae community.

KEY-WORDS: *Neritina zebra*. Chlorophyll. Biofilm. Intertidal.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|--|----|
| FIGURA 01. Visão geral de <i>Neritina zebra</i> . Fonte: Barroso, 2009. | 14 |
| FIGURA 02. Mapa de localização da Ilha de Mosqueiro – PA, com indicações das praias do Paraíso, Farol e Grande. | 16 |
| FIGURA 03. Método utilizado para as estimativas de densidade de <i>Neritina zebra</i> | 17 |
| FIGURA 04. Espectrofotômetro destinado à leitura das absorbâncias dos extratos de clorofila. | 18 |
| FIGURA 05. Densidade média (\pm erro padrão) de recrutas de <i>Neritina zebra</i> por praia e por período de coleta na Ilha de Mosqueiro. Letras diferentes denotam diferenças significativas, entre as praias, segundo o teste de Tukey ($p < 0,05$). | 20 |
| FIGURA 06. Densidade média (\pm erro padrão) de intermediários de <i>Neritina zebra</i> por praia e por período de coleta na ilha de Mosqueiro. Letras diferentes denotam diferenças significativas, entre as praias, segundo o teste de Tukey ($p < 0,05$). | 21 |
| FIGURA 07. Densidade média (\pm erro padrão) de adultos de <i>Neritina zebra</i> por praia e por período de coleta na ilha de Mosqueiro. Letras diferentes denotam diferenças significativas, entre as praias, segundo o teste de Tukey ($p < 0,05$). | 22 |
| FIGURA 08. Concentração de clorofila- <i>a</i> (\pm erro padrão) por praia e por período de coleta na ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$). Letras diferentes denotam diferenças significativas, entre as praias, segundo o teste de Tukey ($p < 0,05$). | 23 |
| FIGURA 09. Regressão não-linear ajustada a equação potencial para a densidade das três classes de tamanho, recrutas (a), intermediários (b) e adultos (c) e a concentração de clorofila ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$). | 24 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| TABELA 01. Resultado da ANOVA para a densidade de recrutas. QM= quadrados médios, G.L= graus de liberdade. | 20 |
| TABELA 02. Resultado da ANOVA para a densidade de recrutas. QM= quadrados médios, G.L= graus de liberdade. | 21 |
| TABELA 03. Resultado da ANOVA para a densidade de adultos. QM= quadrados médios, G.L= graus de liberdade. | 22 |
| TABELA 04. Resultado da ANOVA para a concentração de clorofila-a. QM= quadrados médios, G.L= graus de liberdade. | 23 |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 12 |
| 2 OBJETIVOS | 15 |
| 2.1 OBJETIVO GERAL | 15 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 15 |
| 3 MATERIAIS E MÉTODOS | 16 |
| 3.1 ÁREA DE ESTUDO | 16 |
| 3.2 AMOSTRAGEM | 17 |
| 3.3 ANÁLISE LABORATORIAL | 18 |
| 3.4 ANÁLISE DE DADOS | 19 |
| 4 RESULTADOS | 20 |
| 4.1 DENSIDADE DE RECRUTAS | 20 |
| 4.2 DENSIDADE DE INTERMEDIÁRIOS | 21 |
| 4.3 DENSIDADE DE ADULTOS | 22 |
| 4.3 CONCENTRAÇÃO DE CLOROFILA- <i>a</i> | 23 |
| 4.4 DENSIDADE DE <i>Neritina zebra</i> E CONCENTRAÇÃO DE CLOROFILA- <i>a</i> | 24 |
| 5 DISCUSSÃO | 25 |
| 6 CONCLUSÃO | 29 |
| REFERÊNCIAS | 30 |

1 INTRODUÇÃO

O ambiente de entremarés está sujeito a uma série de variações ambientais ditadas pelo regime de imersão e submersão, o qual condiciona a distribuição e zonação dos organismos que ali vivem e afetando, portanto, a estrutura das comunidades (UNDERWOOD, 1979; MENGE, 2000). Segundo Menge (1976) o termo estrutura de comunidades engloba os atributos de distribuição, abundância, tamanho dos organismos, relações tróficas e diversidade de espécies.

Entre estas variáveis ambientais atuantes no entremarés destacam-se principalmente, a temperatura, a salinidade, a ação das ondas e a disponibilidade de oxigênio (MENGE, 2000; UNDERWOOD, 1979). No entanto, fatores biológicos relacionados à competição, predação e herbivoria também exercem seu papel na estruturação das comunidades entremareais (UNDERWOOD, 1979).

O substrato consolidado do entremarés é formado por afloramentos rochosos que conferem uma superfície de assentamento para as formas larvais de espécies bentônicas e permitem a fixação dos indivíduos sésseis. Este substrato é importante ainda pois apresenta uma alta produção primária exercida pelo microfitobentos os quais formando o biofilme providenciam uma superfície de alimentação, competição por espaço e influenciam a abundância e o crescimento dos organismos (JACKSON; MURPHY; UNDERWOOD, 2013), especialmente para as espécies herbívoras de vida livre, como os gastrópodes. O biofilme promove ainda uma superfície atrativa para o assentamento larval e o recrutamento de organismos bentônicos (PARK; KANG; CHOI, 2011).

O microfitobentos epilítico é formado por material orgânico e por microorganismos, como diatomáceas e bactérias (WAHL, 1989), e apresenta-se como um componente funcional essencial das comunidades bentônicas dos costões rochosos (THOMPSON et al., 2005), formando assim o biofilme que cresce sobre o substrato consolidado. O crescimento de biofilme nestes costões é frequentemente limitado por excessivas temperaturas e pela luz, portanto a abundância de microfitobentos indica-se menor em costões tropicais quando comparados aos de zonas temperadas (JACKSON et al., 2010).

A disponibilidade de biofilme geralmente é maior no inverno que no verão em regiões temperadas e maior na zona inferior que na zona superior do costão rochoso (UNDERWOOD, 1984). Em praias abrigadas da ação das ondas geralmente o

biofilme epilítico se apresenta como o principal produtor primário, enquanto em praias expostas a produção primária proveniente da coluna d'água pode assumir um papel mais importante na base da teia alimentar (KNOX, 2001).

A produção primária realizada no ambiente de entremarés está correlacionada com a disponibilidade de nutrientes e a herbivoria, e pode ainda ser relacionada a produção fitoplanctônica da coluna d'água (BUSTAMANTE, et al., 1995). Além disso, a produtividade primária realizada pelo microfitobentos pode corresponder a 50% ou mais da produtividade total em costões rochosos e até superar o fitoplâncton no caso de ecossistemas rasos (LEVER; VALIELA, 2005).

O nível de produção primária determina o número de níveis tróficos existentes em um ecossistema, que por sua vez podem ter maior efeito na estrutura da comunidade (OKSANEN et al., 1981), pois a partir dela as atividades de herbivoria resultam em transferência desta energia produzida para os níveis superiores.

O biofilme proporciona um sistema pelo qual se pode investigar o papel dos fatores que causam estresse ambiental, dos fatores físico-químicos de *bottom-up* e de controle biológico *top-down* na estruturação das comunidades de entremarés (THOMPSON; HAWKINS; NORTON; 2004).

O controle *bottom-up* se refere a dependência (direta ou indireta) da comunidade em relação aos fatores que produzem efeitos nos baixos níveis tróficos ou nas fontes dos recursos, como a produção primária e a disponibilidade de nutrientes, já o *top-down* se apresenta quando os níveis tróficos inferiores dependem das atividades tróficas dos níveis superiores (MENGE, 1992).

O filo Molusca é o segundo maior do reino animal, e as análises das causas da limitação de sua distribuição e os fatores que afetam sua abundância permitem avaliar os elementos que influenciam a dinâmica dessas comunidades. Os mecanismos comportamentais que permitem aos gastrópodes de costões rochosos a permanecerem em um padrão de zonação incluem respostas as condições luminosas, a ação das ondas e das correntes (UNDERWOOD, 1979). Os fatores físicos são de influência predominante no entremarés, no entanto é a herbivoria que modula os efeitos desta influência na estrutura das comunidades algais (WILLIAMS, 1994).

Os indivíduos da família Neritidae são gastrópodes encontrados em ambientes de águas de entremarés marinhas, estuarinas ou doces (CASCON;

PINHEIRO; MATTHEWS, 1990). Na costa brasileira a família Neritidae é representada por cinco espécies: *Nerita ascensionis* Gmelin, 1791, *Nerita fulgurans* Gmelin, 1791, *Nerita tessellata* Gmelin, 1791, *Neritina virginea* (Linnaeus, 1758) e *Neritina zebra* (Bruguière, 1792) (RIOS, 1994).

A *Neritina zebra* (FIGURA 01) possui concha de formato globoso, abertura ovalada, lábio interno reto, fino e denticulado; sua característica mais marcante é sua coloração amarelo-oliva com listras retas ou em zigue-zague na cor preta e está distribuída desde o Pará até Cabo Frio, especialmente sobre fundos lamosos, em águas salobras e na zona entremarés (CASCON; PINHEIRO; MATTHEWS, 1990). Na Ilha de Mosqueiro (PA) é utilizada ainda como fonte de alimentação e renda.

FIGURA 01. Visão geral de *Neritina zebra*.



Fonte: Barroso, 2009

Conforme observado por Cunha (2012), os indivíduos de *Neritina zebra* na Ilha de Mosqueiro estão principalmente distribuídos na zona média, provavelmente por possuírem adaptações a altas temperaturas e a dessecação. Por serem herbívoros e detritívoros, apresentam ainda importante função na estruturação da comunidade microalgal da região em que vivem. Portanto, este trabalho tem como objetivo analisar a relação das densidades de *Neritina zebra* sobre a concentração de clorofila – a epilítica, expressa como a disponibilidade de biofilme, na zona de entremarés da Ilha de Mosqueiro-PA.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Determinar o efeito da densidade de *Neritina zebra* (Bruguière, 1792) (Mollusca: Gastropoda) sobre a concentração de clorofila - *a* epilítica no substrato consolidado do entremarés da Ilha de Mosqueiro-PA.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar a densidade dos indivíduos recrutas, intermediários e adultos de *Neritina zebra* nas praias do Paraíso, Farol e Grande, Ilha de Mosqueiro-PA.
- Determinar a concentração de clorofila - *a* presente no biofilme como uma estimativa da produção primária sobre o substrato rochoso das praias do Paraíso, Farol e Grande, Ilha de Mosqueiro, PA.
- Avaliar a relação entre a densidade dos diferentes grupos etários de *Neritina zebra* e a concentração de clorofila - *a* epilítica local.

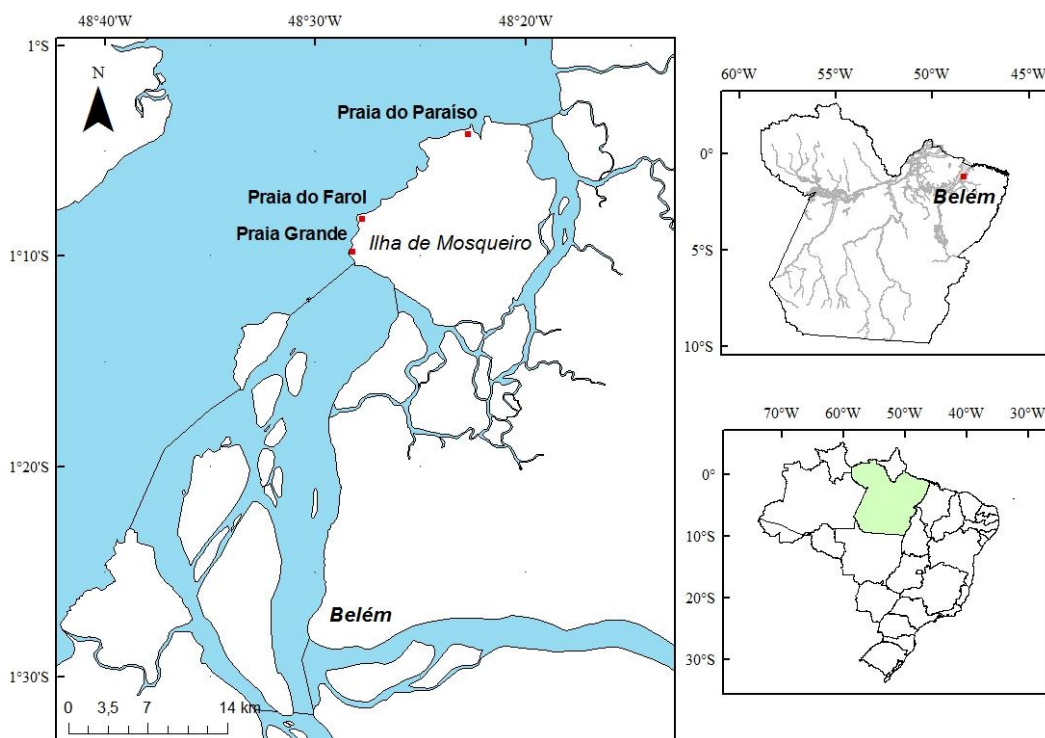
3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

As Praias do Paraíso, Farol e Grande localizam-se na Ilha de Mosqueiro – PA (FIGURA 02), que está situada entre as coordenadas 01° 04' S, 48° 19' W e 01° 14' S, 48° 29' W, possui 220 km² de extensão e localiza-se a uma distância de 70 km da capital Belém. Possui temperatura mínima média de 23°C e máxima de 32,7°C, umidade relativa média do ar de 82,9% e precipitação total média de 314 mm (site INMET). De clima equatorial úmido, a região apresenta entre os meses de janeiro a junho o denominado período chuvoso e de julho a dezembro o período seco (SALATI; CAMPANHOL; NOVA, 2007).

As praias da Ilha possuem ao total 17 km de extensão, e possuem afloramentos rochosos lateríticos soltos, irregulares e variados constituindo assim o substrato consolidado desta região (COSTA et al., 2004). Neste estudo as Praias do Paraíso, Farol e Grande foram divididas de acordo com referências geográficas (Norte, Sul, Leste, Oeste), sendo esta última acrescentada apenas no segundo período amostral.

FIGURA 02. Mapa de localização da Ilha de Mosqueiro – PA, com indicações das praias do Paraíso, Farol e Grande.



Fonte: Da autora

3.2 AMOSTRAGEM

A dominância de *Neritina zebra* ocorre no substrato consolidado do entremarés da Ilha de Mosqueiro, portanto este foi escolhido para a obtenção das estimativas de densidade de indivíduos e de concentração de clorofila - *a*. Estas amostragens foram realizadas nos meses de maio e outubro de 2014 correspondentes ao período chuvoso e seco, respectivamente. Para as estimativas de densidade de indivíduos foram feitas 10 réplicas aleatórias em cada praia utilizando um delimitador amostral quadrado de 25x25 cm (FIGURA 03). Os indivíduos contabilizados no quadrado foram então separados em recrutas (indivíduos com altura total da concha ≤ 6 mm), intermediários (indivíduos com altura total da concha > 6 mm e < 12 mm) e adultos (indivíduos com altura total da concha ≥ 12 mm) para a avaliação do efeito da densidade das diferentes classes de tamanho sobre a disponibilidade de biofilme.

FIGURA 03. Método utilizado para as estimativas de densidade de *Neritina zebra*.



Fonte: Da autora

Para as amostras destinadas à obtenção da concentração de clorofila - *a* no biofilme, a qual é comumente utilizada como uma medida indireta da abundância e da produtividade de microalgas (UNDERWOOD, 1984), foram feitas 10 réplicas sempre próximas as amostras de densidade. Retirou-se por meio de um martelo e uma talhadeira fragmentos de rochas de aproximadamente 3 x 3 cm possuindo rugosidade uniforme e não colonizados por macroalgas ou cracas. Os fragmentos foram envoltos em papel alumínio com a finalidade de evitar a fotodegradação da clorofila e então mantidos congelados até a posterior análise em laboratório.

3.3 ANÁLISE LABORATORIAL

Para a extração de clorofila-a presente nos fragmentos de rochas amostrados foi utilizado o método proposto por Thompson et al. (1999), pois este fornece um método padrão simplificado e que requer menor supervisão quando comparado a outros métodos. O método propicia ainda um maior intervalo durante o qual a absorbância pode ser lida, pois providencia uma extração de clorofila estável por até 15 horas.

As amostras de fragmentos de rocha foram imersas em água destilada sendo hidratadas durante 30 minutos e colocadas para secar a temperatura ambiente. Adicionou-se então o solvente destinado a extração, sendo este o etanol a 90% que confere uma eficiência de 88% de extração (THOMPSON et al., 1999). É importante ressaltar que o volume de solvente adicionado era apenas o necessário para submergir cada amostra. O período de extração foi de cinco horas, o extrato foi então centrifugado e transferido para cubetas. As leituras das absorbâncias foram feitas no espectrofotômetro da marca *Bioespectro* para os comprimentos de onda de 665 nm e 750nm (FIGURA 04).

FIGURA 04. Espectrofotômetro destinado à leitura das absorbâncias dos extratos de clorofila.



Fonte: Da autora

Para a obtenção da área das amostras, as rochas foram envolvidas em papel alumínio para a obtenção dos moldes de sua áreas superficiais, os quais foram escaneados e suas áreas calculadas pelo *software* Image J.

3.4 ANÁLISE DE DADOS

Para a obtenção da concentração de clorofila por unidade de área foi utilizada a fórmula proposta por Thompson et al. (1999):

$$\text{Concentração de clorofila } \mu\text{g cm}^{-2} = \frac{12,2 \times A_{\text{net}} \times v}{d \times a}$$

Onde 12,2 = constante do etanol; A_{net} = absorvância total (665 nm -750 nm); v = volume de solvente adicionado a cada amostra; d = comprimento no qual a luz passa através da cubeta (*path length of cell*); a = área superficial da amostra.

As densidades de *Neritina zebra* foram expressas em indivíduos por metro quadrado (ind./m²) e analisadas por meio de ANOVA bifatorial considerando-se os fatores (i) mês de coleta e (ii) praia, para cada classe de tamanho (recrutas, intermediários e adultos) separadamente.

As concentrações de clorofila - *a* foram expressas em $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ e analisadas através de uma ANOVA bifatorial, sendo os fatores considerados (i) mês de coleta e (ii) praia. O teste Tukey *a posteriori* foi realizado para se conhecer quais foram as fontes de variação.

Para avaliação da relação entre as diferentes classes de tamanho e concentração de clorofila-*a* foi feita uma regressão não-linear ajustada a função potência.

4 RESULTADOS

4.1 DENSIDADE DE RECRUTAS

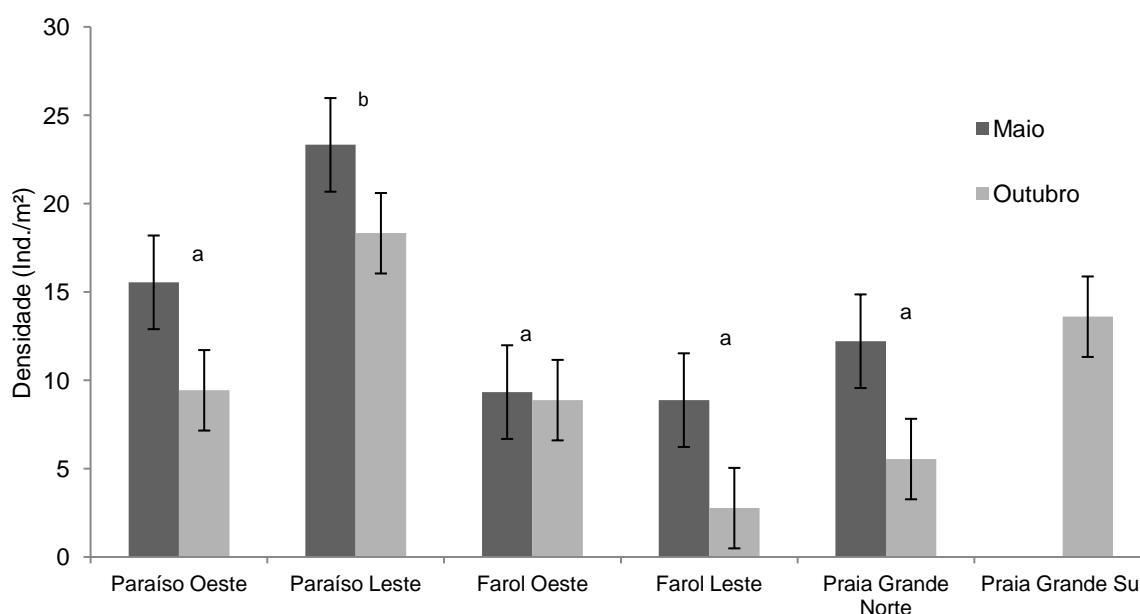
A densidade de recrutas foi maior durante o mês de maio (período chuvoso) para todas as praias quando comparadas às densidades do mês de outubro (período seco) (FIGURA 05). A ANOVA de duas vias considerando os fatores mês e praia demonstrou uma diferença significativa ($p < 0,05$) na densidade desses indivíduos entre as praias e entre os dois períodos de coleta, mas não demonstrou interação entre os fatores praia x mês (TABELA 01). O teste *a posteriori* de Tukey mostrou que a densidade de recrutas na praia Paraíso Leste foi maior do que todas as outras praias ($p < 0,05$).

TABELA 01. Resultado da ANOVA para a densidade de **recrutas**. QM= quadrados médios, G.L.= graus de liberdade.

| Fatores | G.L. | QM | F | p |
|-------------|------|---------|-------|--------------|
| Praia | 4 | 680,092 | 6,438 | 0,000 |
| Mês | 1 | 531,558 | 5,032 | 0,027 |
| Praia x mês | 4 | 48,148 | 0,455 | 0,767 |
| Total | 9 | | | |

Fonte: Da autora

FIGURA 05. Densidade média (\pm erro padrão) de **recrutas** de *Neritina zebra* por praia e por período de coleta na Ilha de Mosqueiro. Letras diferentes denotam diferenças significativas, entre as praias, segundo o teste de Tukey ($p < 0,05$).



Fonte: Da autora

4.2 DENSIDADE DE INTERMEDIÁRIOS

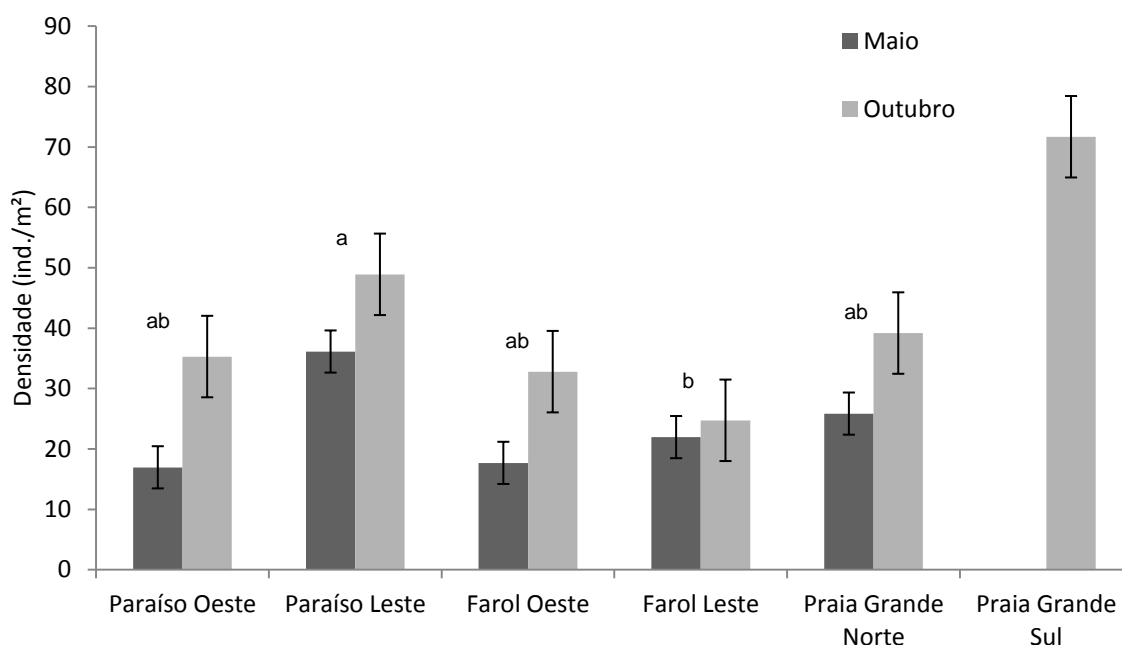
A densidade de indivíduos intermediários de *Neritina zebra* foi maior em outubro (período seco) do que em maio (período chuvoso) (FIGURA 06). A ANOVA indicou diferença significativa de intermediários para os fatores mês e praia ($p < 0,05$), mas não indicou interação entre estes fatores (TABELA 02). O teste de Tukey demonstrou que a densidade de Paraíso Leste foi significativamente maior de Farol Leste ($p < 0,05$).

TABELA 02. Resultado da ANOVA para a densidade de recrutas. QM= quadrados médios, G.L= graus de liberdade.

| Fatores | G.L | Q.M | F | p |
|-------------|-----|----------|-------|--------------|
| Praia | 4 | 1209,105 | 2,662 | 0,037 |
| Mês | 1 | 3802,778 | 8,374 | 0,004 |
| Praia x mês | 4 | 166,2037 | 0,366 | 0,832 |
| Total | | | | |

Fonte: Da autora

FIGURA 06. Densidade média (\pm erro padrão) de intermediários de *Neritina zebra* por praia e por período de coleta na ilha de Mosqueiro. Letras diferentes denotam diferenças significativas, entre as praias, segundo o teste de Tukey ($p < 0,05$).



Fonte: Da autora

4.3 DENSIDADE DE ADULTOS

No mês de outubro (período seco) a densidade de adultos foi maior quando comparadas às densidades de indivíduos do mês de maio, com exceção da praia Farol Leste (FIGURA 07). Paraíso Leste e Paraíso Oeste apresentaram as maiores densidades nos meses de maio e outubro, respectivamente.

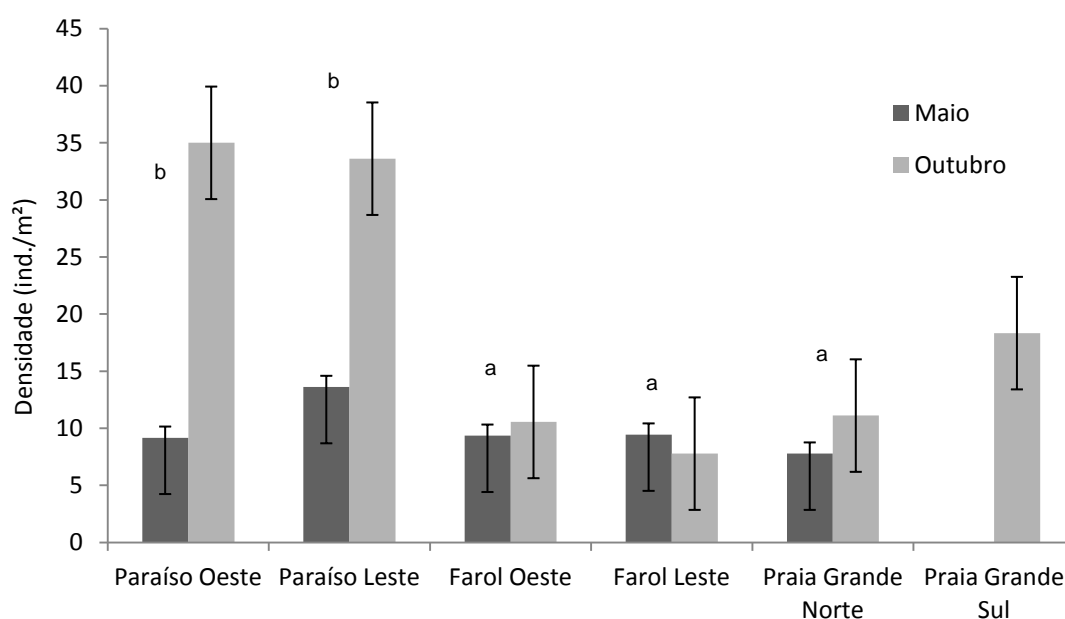
A densidade média de adultos de *Neritina zebra* apresentou diferenças significativas, segundo a ANOVA, entre a interação Praia x Mês ($p < 0,05$) (TABELA 03). Segundo o teste *a posteriori* de Tukey, quando comparado o fator Praia, Paraíso Leste e Oeste apresentaram as maiores densidades e foram significativamente diferentes às demais praias ($p < 0,05$).

TABELA 03. Resultado da ANOVA para a densidade de adultos. QM= quadrados médios, G.L.= graus de liberdade.

| Fatores | G.L. | MQ | F | p |
|-------------|------|----------|--------|--------------|
| Praia | 4 | 1123,958 | 11,577 | 0,000 |
| Mês | 1 | 2444,753 | 25,182 | 0,000 |
| Praia x mês | 4 | 745,1003 | 7,675 | 0,000 |
| Total | 9 | | | |

Fonte: Da autora

FIGURA 07. Densidade média (\pm erro padrão) de adultos de *Neritina zebra* por praia e por período de coleta na ilha de Mosqueiro. Letras diferentes denotam diferenças significativas, entre as praias, segundo o teste de Tukey ($p < 0,05$).



Fonte: Da autora

4.3 CONCENTRAÇÃO DE CLOROFILA-a

Quando se compara os dois meses estudados, a concentração de clorofila - a foi maior no mês de outubro (período seco) que no mês de maio (período chuvoso) (FIGURA 08).

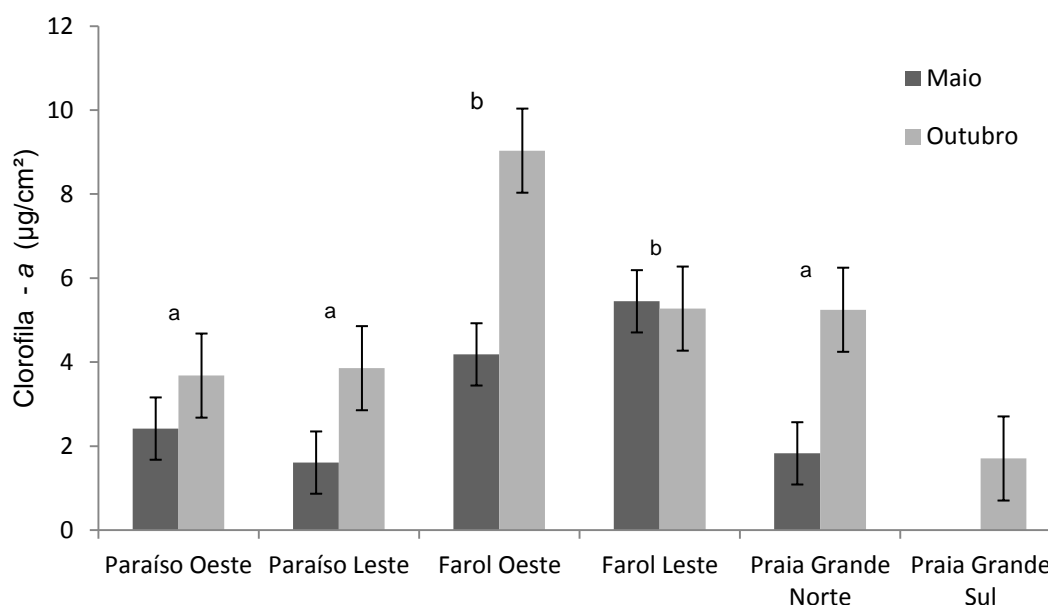
A ANOVA mostrou uma diferença significativa ($p < 0,05$) na concentração de clorofila quando considerados os fatores mês de coleta e as praias (Tabela 04). E o teste de Tukey indicou que Farol Oeste e Leste apresentaram as maiores concentrações.

TABELA 04. Resultado da ANOVA para a concentração de clorofila-a. QM= quadrados médios, G.L= graus de liberdade.

| Fatores | GL | QM | F | p |
|-------------|----|---------|--------|--------------|
| Praia | 4 | 56,820 | 6,673 | 0,000 |
| Mês | 1 | 131,635 | 15,459 | 0,000 |
| Praia x mês | 4 | 17,879 | 2,099 | 0,087 |
| Total | 9 | | | |

Fonte: Da autora

FIGURA 08. Concentração de clorofila- a (\pm erro padrão) por praia e por período de coleta na ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$). Letras diferentes denotam diferenças significativas, entre as praias, segundo o teste de Tukey ($p < 0,05$).

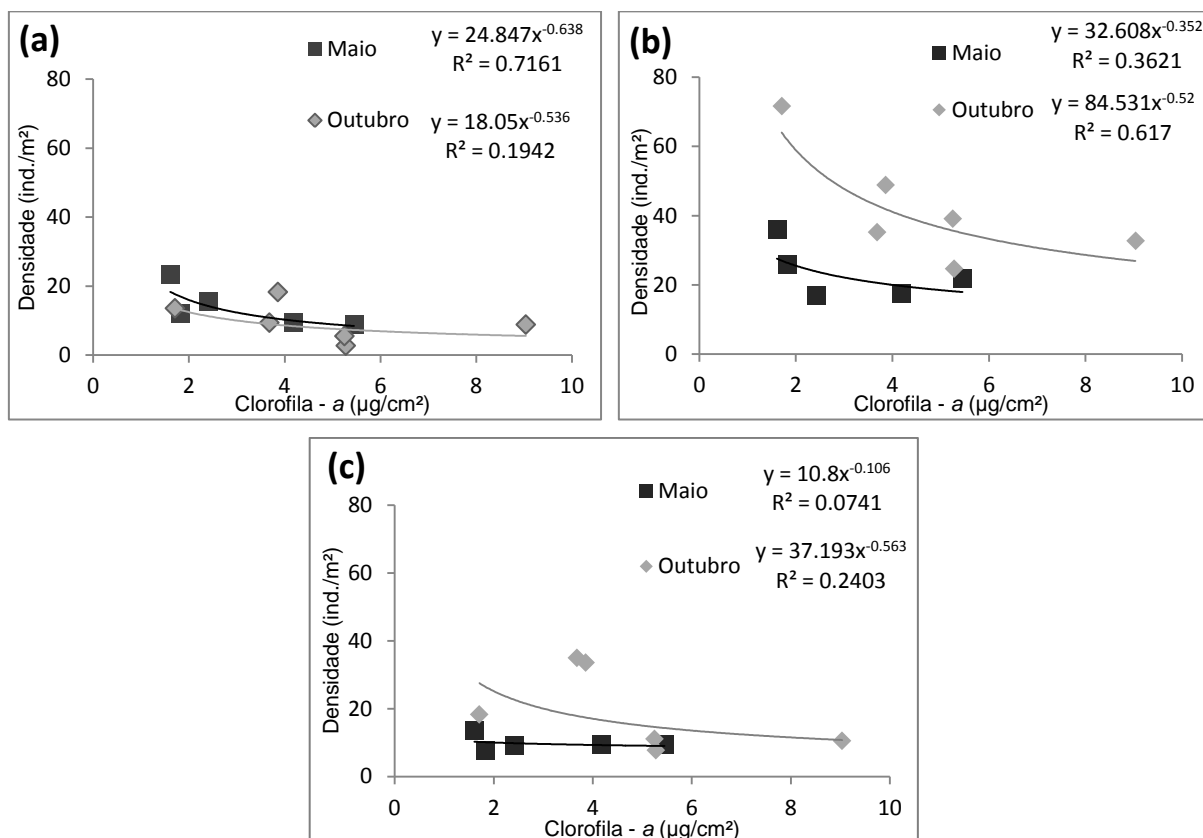


Fonte: Da autora

4.4 DENSIDADE DE *Neritina zebra* E CONCENTRAÇÃO DE CLOROFILA-*a*

A regressão não-linear ajustada a uma equação exponencial para as densidades das três classes de tamanho em relação a concentração de clorofila - a não foi significativa para maio e outubro ($p < 0,05$). Porém as regressões dos recrutas em maio ($R^2 = 0,7161$; $p = 0,0707$) e dos intermediários em outubro ($R^2 = 0,6170$; $p = 0,0707$) indicaram uma possível relação entre estes grupos etários e a concentração de clorofila-*a*, sugerindo um efeito denso-dependente de *Neritina zebra* sobre a concentração de clorofila, principalmente quando considerada a classe de tamanho intermediária em seu período mais abundante (Figura 09b).

FIGURA 09. Regressão não-linear ajustada a equação potencial para a densidade das três classes de tamanho, recrutas (a), intermediários (b) e adultos (c) e a concentração de clorofila ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$).



Fonte: Da autora

5 DISCUSSÃO

A maior densidade de recrutas de *Neritina zebra* em maio e sua diferença significativa comparada a outubro, assim como a maior densidade de intermediários e adultos durante este último mês reflete a periodicidade do recrutamento, corroborando com o estudo anterior de Borges (2010) a qual verificou que a espécie se reproduz durante o ano todo, porém iniciando o pico reprodutivo em novembro e atingindo seus máximos de recrutamento de março a maio. Portanto a maior densidade de intermediários e adultos durante o mês de outubro provavelmente se refere aqueles indivíduos provenientes de recrutamentos anteriores.

A praia do Paraíso sempre apresentou as maiores densidades para as três classes de tamanho nos dois períodos de coleta, com exceção dos intermediários durante o mês de outubro. A partir disto destaca-se as altas densidades de Paraíso Leste, a qual possui os menores valores de clorofila encontrados (com exceção de Praia Grande Sul) aparentemente sugerindo um alto consumo do biofilme epilítico nessa praia. Borges (2010) propôs que devido a ampla distribuição de recrutas na praia do Paraíso, estes provavelmente são apenas limitados pela predação, o que explicaria sua preferência pela zona média do entremarés em detrimento da zona inferior onde o risco de predação é maior.

Praia Grande Sul apresentou-se como a praia com a maior densidade de intermediários de *Neritina zebra* e menor concentração de clorofila - *a* no mês de outubro. Segundo Cunha (2012) a estação do ano é um fator determinante na abundância de intermediários, mas não para a abundância de adultos, diferente do que é mostrado neste trabalho no qual a diferença entre a densidade dos adultos nos dois períodos (chuvoso e seco) foi significativa, assim como para os recrutas e intermediários.

Já a praia do Farol Oeste e Leste possuiu as menores densidades de recrutas nos dois períodos e ainda as menores densidades de adultos e intermediários durante o mês de outubro aliadas aos maiores valores de concentração de clorofila - *a* que sugerem alta produção primária epilítica nesta praia, característica que era ainda visível em campo, e baixo consumo do biofilme. Entre as três praias estudadas foi observado em campo que a praia do Farol e a praia Grande aparentam ser aquelas com impactos antrópicos mais intensos, com a observação de construções, maior fluxo de pessoas e lançamento de dejetos muito próximos as

áreas de coleta, acarretando em uma maior inserção de nutrientes neste local a partir da ação humana.

O microfitobentos devido a natureza do seu habitat, comumente obtém nutrientes a partir da coluna d'água sobrejacente (LEVER; VALIELA, 2005). Segundo Firstarter et al.(2012) tanto o suprimento de nutrientes quanto a herbivoria afetam biofilme no entremarés, no entanto a curto prazo os herbívoros possuem papel maior nesta influência independentemente da disponibilidade de nutrientes no entremearés, enquanto a longo prazo o biofilme pode utilizar-se do aumento de nutrientes se ocorrer a ausência de herbívoros.

Segundo Hauxwell et al. (1998), em estuários quando há altas concentrações de nutrientes estes podem estimular o crescimento algal até suplantarem as taxas de consumo pelos herbívoros; e quando os herbívoros estão em baixas densidades pode se resultar em baixo impacto destes sobre a comunidade algal. Esta última podendo, portanto, explicar o que foi observado nas altas concentrações de clorofila e conseqüentemente de disponibilidade de biofilme na praia do Farol Oeste e Leste.

Embora a produção primária seja afetada pelas condições de temperatura e umidade a concentração de clorofila - a foi maior durante o mês de outubro (período seco) sendo que neste mês a temperatura máxima média foi de 33,2°C e umidade relativa de 78% enquanto no mês de maio a temperatura máxima média foi 31,7°C e a umidade relativa média de 87,2% (site INMET).

Quanto aos efeitos das diferentes classes de tamanho de *Neritina zebra* sobre a concentração de clorofila - a no substrato consolidado das praias estudadas, os resultados demonstraram que a classe intermediária (>6 mm e <12 mm) possui maior influência sobre a disponibilidade do biofilme epilítico quando comparada aos recrutas e adultos.

As curvas da regressão não-linear sugerem uma relação denso-dependente entre a abundância de indivíduos e a concentração de clorofila - a, sendo este efeito mais conspícuo nos intermediários onde as suas maiores densidades estão associadas aos menores valores de clorofila - a os quais provavelmente devem atingir um ponto no qual não são mais influenciados pela densidade de indivíduos. Especula-se que acima da densidade de 20 indivíduos/m² que este efeito é visível, e quando este limiar é ultrapassado a relação denso-dependente deixa de existir.

A diferença deste efeito pode estar relacionado a uma diferente seletividade alimentar exercida pelas classes de tamanho. Nem todas as células componentes do biofilme constituem alimento potencial para os herbívoros do entremarés sendo conhecida uma passiva seletividade alimentar entre os gastrópodes Underwood (1984).

Segundo Marshall e Keough (1994) o tamanho dos indivíduos está diretamente relacionado a sua capacidade de ingerir o microfitobentos. E a competição intraespecífica entre gastrópodes herbívoros foi estudada em *Cellana tramoserica* onde se concluiu que os indivíduos menores (intermediários) são competitivamente superiores em relação aos de maior tamanho (adultos) quando se trata do consumo de biofilme.

Marshall e Keough (1994) propõem, portanto, três hipóteses para esta diferença de capacidade de competição entre os indivíduos: os menores são mais eficientes na ação de forragear; ou são capazes de seletivamente ingerir mais tipos de microalga ou os recursos do filme microbial não estão igualmente acessíveis para os grandes e pequenos indivíduos. Sendo esta última hipótese a mais coerente segundo os autores, pois concluiu-se que podem existir microalgas que são inacessíveis para os maiores gastrópodes, devido ao tamanho da rádula dos indivíduos menores que seriam capazes de raspar sobre pequenas frestas e irregularidades das rochas.

Isto, portanto, explicaria o maior efeito da densidade de intermediários de *Neritina zebra* controlando o biofilme quando comparado ao efeito da densidade dos adultos obtido neste trabalho. Assim como de acordo com Geller (1991) no qual colonização algal foi alta nos tratamentos com a presença dos maiores indivíduos de *Littorina plena*, sugerindo que os organismos menores possuem uma taxa metabólica maior e conseqüentemente uma alta taxa de alimentação, e propriedades como a capacidade destes de colonizar fendas e interstícios são também importantes características serem consideradas ao analisar sua aptidão para alimentação.

Quanto aos recrutas de *Neritina zebra* seu menor efeito sobre a clorofila - a pode estar relacionado as altas taxas de mortalidade neste estágio de vida, segundo Gosselin e Qian (1997) chegando até 90%, e/ou a sua menor capacidade de estocar energia. No entanto, os recrutas estão sujeitos ainda a eventos pré-

assentamento relacionados ao biofilme epilítico, os quais sugerem que este influencia na distribuição dos mesmos.

Zhao e Qian (2002) sugeriram que as larvas do gastrópode *Crepidula onyx* primeiramente detectam as pistas na coluna d'água provenientes dos adultos e então, finalmente, por natação ativa fariam contato com o substrato e as pistas presentes no biofilme.

Thompson et al. (2005) demonstrou que as estimativas de densidade de *Patella vulgata* são diretamente relacionadas a disponibilidade de biofilme a ser consumido e que este variou consideravelmente entre ambientes expostos e abrigados da ação das ondas, no entanto as causas dessa variação ao longo do gradiente de exposição não são claras, mas podem estar relacionadas ao suprimento larval e a disponibilidade de habitat e alimento. Portanto, estudos sobre a influência e as relações entre a pressão exercida pelos herbívoros e a produção primária epilítica são de fundamental importância para compreensão de mecanismos *bottom-up* e *top-down* que atuam em maior escala, sendo que estes estão intrinsecamente ligados na regulação das comunidades do ambiente de entremarés (MENGE, 2000).

6 CONCLUSÃO

As maiores densidades de recrutas, intermediários e adultos de *Neritina zebra* estão relacionadas aos menores valores de clorofila - a, e portanto a menor quantidade de microfitobentos no entremarés das praias da Ilha de Mosqueiro, PA.

Concluiu-se que o aumento da concentração de clorofila - a de acordo com a redução da densidade de indivíduos foi notável nos intermediários, mostrando que estes possuem um papel maior na abundância e na disponibilidade do microfitobentos epilítico, até que se atinge um ponto no qual este controle não é mais exercido sobre a produção primária e o crescimento do biofilme se torna independente da densidade de *Neritina zebra*. Provavelmente, os recrutas possuem um papel menor devido ao seu tamanho reduzido e altas taxas de mortalidade, e os adultos possuem uma alimentação menor e mais restrita quando comparados aos intermediários.

REFERÊNCIAS

- BORGES, A. N. D. S. *Crescimento e dinâmica populacional de Neritina zebra Bruguière, 1792 Mollusca: Gastropoda na região do entremarés da ilha de Mosqueiro, Belém-PA*. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Biológicas) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, Belém-PA, 2010.
- BUSTAMANTE, R.H., BRANCH, G.M., EEKHOUT, S., ROBERTSON, B., ZOUTENDYK, P., SCHLEYER, M., DYE, A., HANEKOM, N., KEATS, D., JURD, M., MCQUAID, C. Gradients of intertidal primary productivity around the coast of South Africa and their relationships with consumer biomass. *Oecologia* v. 102, p. 189–201. 1995.
- CASCON, H.M., PINHEIRO, P.R.; MATTHEWS, H.R. A família Neritidae no Norte e Nordeste do Brasil (Mollusca: Gastropoda). *Caatinga*, v.7, p. 44-56, 1990.
- COSTA, M. L., OLIVEIRA, M. S. B., COSTA, G.M., CHOQUE FERNANDEZ, O. J. Morfologia e química mineral da goethita de pedra de ferro de interface areia- argila em sedimentos da formação barreiras, Amazônia Oriental. *Geochemical Brasil*, v. 18 (2), p. 121- 133, 2004.
- CUNHA, C.V. *Distribuição e Ecomorfologia de Neritina zebra (Bruguiere, 1792) (Mollusca: Gastropoda:Neritidae), em um Estuário Amazônico, Pará, Brasil*. 2012. Dissertação de mestrado (Programa de Pós-Graduação em Ecologia Aquática e Pesca) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, 2012.
- FIRSTATER, F.N., HIDALGO, F.J., LOMOVASKY, B.J. & IRIBARNE, O.O. Grazing and nutrient effects on a high rocky intertidal of the Peruvian central coast. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, p. 9-13, 2012.
- GELLER, J.B. Gastropod grazers and algal colonization on a rocky shore in northern California: the importance of the body size of grazers. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v. 150, p. 1-17, 1991.

GOSSELIN, L. A.; QIAN, P. Y. Juvenile mortality in benthic marine invertebrates. *Marine Ecology Progress Series*, v. 146, p. 265-282, 1997.

HAUXWELL, J; MCCLELLAND, J; BEHR, P.J; VALIELA, I. Relative importance of grazing and nutrient controls of macroalgal biomass in three temperate shallow estuaries. *Estuaries*, v. 21, p. 34–36, 1998.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. Disponível em: <www.inmet.gov.br> Acesso em 01 dez 2014.

JACKSON, A.C.; UNDERWOOD, A.J.; MURPHY, R.J.; SKILLETER, G.A. Latitudinal and environmental patterns in abundance and composition of epilithic microphytobenthos. *Marine Ecology Progress Series*, v. 417, p. 27-38, 2010.

JACKSON, A.C.; MURPHY, R.J.; UNDERWOOD, A.J. Biofilms on rocky shores: Influences of rockpools, local moisture and temperature. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v. 443, p. 46-55, 2013.

KNOX, G. A. *The ecology of seashores*. 1ed. CRC Press, 2001,557 p.

LEVER, M.A.; VALIELA, I. Response of microphytobenthic biomass to experimental nutrient enrichment and grazer exclusion at different land-derived nitrogen loads. *Marine Ecology Progress Series*, v. 294, p. 117-129, 2005.

MARSHALL, P.A.; KEOUGH, M.J. Asymmetry in intraspecific competition in the limpet *Celkuza tramoserica* (sowerby). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, v. 177, p. 121-138, 1994.

MENGE, B. A. Organization of the New England rocky intertidal community: role of predation, competition and environmental heterogeneity. *Ecological Monographs*. v. 46, p. 355-393, 1976.

_____. Community regulation: under what conditions are bottom-up factors important on rocky shores? *Ecology*, v. 73, p. 755-765, 1992.

_____. Rocky intertidal communities. *Marine community ecology*. Mark, S. D. & Bertness, D. (eds). Sinauer Associates. 2000.

OKSANEN, L.; FRETWELL, S.D.; ARRUDA, J; NIEMALA, P. Exploitation Ecosystems in Gradients of Primary Productivity. *The American Naturalist*, v. 118, 1981.

PARK, S.R.; KANG, Y.H.; CHOI, C.G. Biofilm: A crucial factor affecting the settlement of seaweed on intertidal rocky surfaces. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v. 91, p. 163-167, 2011.

SALATI, E.; CAMPANHOL, T.; NOVA, N. V. Tendências das Variações Climáticas para o Brasil no Século XX e Balanços Hídricos para Cenários Climáticos para o Século XXI. Rio de Janeiro, 2007.

RIOS, E. C. *Seashells of Brazil*. Rio Grande: Editora da Fundação Universidade do Rio Grande, 1994.

THOMPSON, R. C.; HAWKINS, S. J.; NORTON, T. A. Physical stress and biological control regulate the producer – consumer balance in intertidal biofilms. *Ecology*. v. 85, 2004.

THOMPSON, R.C.; HAWKINS, S.J.; JENKINS, S.R.; MOSCHELLA, P.S.; NORTON, T.A. Differences in photosynthetic marine biofilms between sheltered and moderately exposed rocky shores. *Marine Ecology Progress Series*, v. 296, p. 53-63, 2005.

THOMPSON, R.C.; HAWKINS, S.J.; NORTON, T.A; TOBIN, M.L.;. Problems in extraction and spectrophotometric determination of chlorophyll from epilithic microbial biofilms: towards a standard method. *Mar. Biol. Ass.*, v. 79, p. 551-558, 1999.

UNDERWOOD, A.J. Ecology of Intertidal Gastropodes. *Adv. Mar. Biol.*, v. 16, p. 111-210, 1979.

_____. The vertical distribution and seasonal abundance of intertidal microalgae on rocky shore in New South Wales. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, v. 78, p. 199-220, 1984.

WAHL, M. Marine epibiosis. Fouling and antifouling: some basic aspects. *Marine Ecology Progress Series*, v. 58, p. 75-89, 1989.

WILLIAMS, G. The relationship between shade and molluscan grazing in structuring communities on a moderately-exposed tropical rocky shore. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, v. 0981, 1994.

ZHAO, B.; QIAN, P.Y. Larval settlement and metamorphosis in the slipper limpet *Crepidula onyx* (Sowerby) in response to conspecific cues and the cues from biofilm. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, v 269, p. 39-5, 2002.