



CONCENTRAÇÃO DE PIGMENTOS EM ALGAS DO FILO RHODOFITA EM FASES DE DESENVOLVIMENTO DISTINTAS DA REGIÃO DE MAGALHÃES (CHILE)

NATÁLIA LEITE GOULART¹; LUCIANO SISCONETTO BORJA¹; THALIA SILVA MACHADO¹; LUCAS MORAES BERNEIRA¹; CLAUDIO MARTIN PEREIRA DE PEREIRA¹; MARCO AURÉLIO ZIEMANN DOS SANTOS¹

¹Universidade Federal de Pelotas, Laboratório de Lipidômica e Bio-orgânica –
nathisdot@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

As macroalgas compreendem grupos complexos de organismos que podem ser divididos em três filos principais, incluindo Rhodophyta (algas vermelhas), Chlorophyta (algas verdes) e Ochrophyta (algas marrons) de acordo com sua morfologia e pigmentação. Apresentam distribuição mundial ocorrendo de zonas temperadas a tropicais, bem como em locais inóspitos, como ambientes polares (SANTOS et al., 2017).

Mudanças nos parâmetros abióticos afetam diretamente a biossíntese de metabólitos primários e secundários (WANG et al., 2019) e estão intimamente relacionados à reprodução das macroalgas, uma vez que esta fase requer sinais bioquímicos que variam de acordo com as condições ambientais (DOBKOWSKI; FLANAGAN; NORDSTROM, 2019).

A região subantártica é uma área biogeográfica que compreende a massa terrestre mais meridional do continente americano conhecido por suas condições ambientais extremas que incluem, por exemplo, baixas temperaturas, fotoperíodo limitado no inverno e alta exposição à luz ultravioleta no verão (MANSILLA; OJEDA, 2012).

Sabe-se que as algas têm composições químicas variáveis de acordo com a espécie, sazonalidade e habitat que devem ser observados no momento da colheita, pois estudos anteriores mostraram que essas variáveis estão ligadas ao desenvolvimento e ciclo evolutivo das algas. Nesse sentido, as fases gametofítica, carposporofítica e tetrasporofítica, que representam o ciclo trifásico de Rhodophytas, influenciam na concentração de pigmentos das macroalgas vermelhas. Estudos nestes parâmetros em função das fases de desenvolvimento são importantes para entender a evolução das espécies que ocorrem na região subantártica, bem como para reunir informações que possam auxiliar ainda mais na coleta e cultivo sustentável de macroalgas para consumo alimentar ou na utilização como nutracêutico.

Logo, o objetivo deste trabalho foi avaliar diferenças nas concentrações de pigmento nas fases gametofíticas, carposporofíticas e tetrasporofíticas de macroalgas vermelhas *Gigartina skottsbergii* Setchell & NLGardner, *Iridaea cordata* (Turner) Bory de Saint-Vincent e *Mazzaella laminarioides* (Bory) Fredericq coletado na região de Magalhães (Chile).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Macroalga *Gigartina skottsbergii* Setchell & NLGardner, *Iridaea cordata* (Turner) Bory de Saint-Vincent e *Mazzaella laminarioides* (Bory) Fredericq da ordem Gigartinales e filo Rhodophyta foram coletados na região de Punta

Arenas (Chile) entre janeiro e abril de 2017 nas fases gametofítica, carposporofítica e tetrasporofítica (Tabela 1). Espécimes de *G. skottsbergii* foram coletados em Puerto del Hambre (53 ° 36S, 70 ° 55W) sob mergulho a aproximadamente 5 a 10 m de profundidade na zona infralitoral. Cerca de 5 a 10 indivíduos de cada fase de desenvolvimento foram retirados do local de coleta. Espécimes de *I. cordata* e *M. laminarioides* foram coletados em San Juan (53 ° 43S, 70 ° 58W) na zona média e superior do infralitoral, respectivamente. Aproximadamente 10 indivíduos de cada espécie e fase de desenvolvimento foram coletados no processo. Após a coleta, as macroalgas submersas em água do mar foram enviadas ao laboratório e acondicionadas em câmaras de cultura com aeração por 24 h a 5 ± 1 ° C, nível de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) de 40 μmol fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e fotoperíodo padrão de 12/12 h. A análise do pigmento foi feita após o período de condicionamento das algas. Para a análise de pigmento, porções médias e marginais das frondas foram usadas nos procedimentos. Informações sobre local de coleta, espécies, fases de desenvolvimento, coordenadas geográficas e identificação morfológica podem ser encontradas no Herbário do Laboratório de Ecossistemas Marinhos Antárticos e Subantárticos - LEMAS.

A análise de de ficobiliproteína (PBPs) e clorofila a (Clo a) foram quantificadas seguindo as equações de KURSAR et al. (1983) para ficobiliproteínas (Eq. 1-3) e JEFFREY; HUMPHREY (1975) para Clo a (Eq. 4), onde, resumidamente 300 mg de biomassa de algas frescas foram macerados com nitrogênio líquido até serem moídas. As amostras foram diluídas em 4 mL de tampão fosfato 50 mM (pH 5,5) a 4 ° C. A solução resultante foi centrifugada (Genesys 10) por 20 min a 10.000 rpm (~ 4 ° C) e a camada superior foi utilizada para a análise de aloficocianina (AFC), ficocianina (FC) e ficoeritrina (FE). O material residual foi diluído em 4 mL de acetona, centrifugado por 10 min a 12.000 rpm (~ 4 ° C) e utilizado para análise de clorofila (Clo a). As amostras foram analisadas em 400 a 700 nm de comprimento de onda usando um espectrofotômetro (Hewlett Packard - 8452A).

Aloficocianinas

$$AFC = 181.3 \times A_{651} - 22.3 \times A_{614} \quad (1)$$

Ficocianinas

$$FC = 151,1 \times A_{614} - 99,1 \times A_{651} \quad (2)$$

Ficoeritrinas

$$FE = 155.8 \times A_{498,5} - 40.0 \times A_{614} - 10.5 \times A_{651} \quad (3)$$

Clorofila a

$$Clo a = 11.85 \times A_{664} - 1.54 A_{647} - 0.08 \times A_{630} \quad (4)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em relação às ficobiliproteínas (PBPs), as amostras apresentam diferenças significativas principalmente para a aloficocianina (AFC), sendo a clorofila a (Clo a) a única que não apresentou variações significativas nos espécimes analisados (Tabela 1).

Tabela 1. Concentração de pigmentos de clorofila *a* (Clo *a*), alofococianina (AFC), ficocianina (FC) e ficoeritrina (FE), em fases de desenvolvimento gametofítico, carposporofítico e tetrasporofítico nas algas *G. skottsbergii*, *M. laminarioides* e *I. cordata*.

Alga	Clo <i>a</i>	AFC	FC	FE
GSG	2.00 ± 0.36	12.89 ± 2.44	6.40 ± 1.00	42.07 ± 2.83
GSC	1.99 ± 0.57	2.51 ± 0.07	0.45 ± 0.02	14.23 ± 0.79
GST	2.70 ± 0.10	48.22 ± 4.41	26.18 ± 1.81	148.12 ± 1.63
ICG	5.90 ± 1.40	16.17 ± 3.65	14.23 ± 3.43	31.21 ± 9.25
ICC	3.27 ± 0.14	5.88 ± 0.46	5.93 ± 1.25	15.87 ± 2.36
ICT	6.16 ± 1.17	12.71 ± 4.29	15.51 ± 4.08	35.69 ± 10.34
MLG	1.00 ± 0.11	3.77 ± 0.36	2.00 ± 0.22	6.53 ± 0.44
MLC	1.04 ± 0.12	8.67 ± 3.57	4.15 ± 1.66	14.62 ± 5.37
MLT	1.45 ± 0.25	57.43 ± 7.20	25.34 ± 3.61	73.53 ± 10.53

Valores médios ± DP em $\mu\text{g.g}^{-1}$ DW (n=3); *G. skottsbergii* gametofítica (GSG); *G. skottsbergii* carposporofítica (GSC); *G. skottsbergii* tetrasporofítica (GST); *I. cordata* gametofítica (ICG); *I. cordata* carposporofítica (ICC); *I. cordata* tetrasporofítica (ICT); *M. laminarioides* gametofítica (MLG); *M. laminarioides* carposporofítica (MLC); *M. laminarioides* tetrasporofítica (MLT).

A avaliação dos pigmentos indicou que a *G. skottsbergii* tinha maiores concentrações de Clo *a*, em comparação com as outras amostras. Concordando com a literatura, que mostra que macroalgas que habitam ambientes sombreados apresentam aparato fotossintético melhorado. Nesse sentido, concentrações aumentadas de clorofila são necessárias para aumentar a captura da radiação solar e converter a energia absorvida em mecanismos de crescimento (HUOVINEN; GÓMEZ, 2013).

Os resultados demonstraram que o aumento nas concentrações de PBPs, na fase tetrasporofítica, pode estar associado as respostas ao estresse ambiental ou à diferenciação no metabolismo desses organismos na fase reprodutiva. As PBPs atuam como proteínas de armazenamento e são utilizadas na biossíntese de compostos durante processos adaptativos ou servindo como reserva de nitrogênio. Segundo ZUBIA, FREILE-PELEGRÍN; ROBLEDO (2014), altas concentrações de nitrogênio auxiliam as algas a manter sua integridade contra o estresse de radiação e aumentam suas defesas antioxidantes (KUMAR et al., 2011).

A concentração de FE, em relação aos demais pigmentos, foi significativa principalmente em *G. skottsbergii*, na sua fase tetrasporofítica. Organismos que habitam regiões infralitorais, como *G. skottsbergii* (profundidades > 10 m), podem ter altas concentrações de FE, uma vez que às PBPs são usadas para absorver radiação no espectro azul e verde (HAMID et al., 2015).. Segundo

NAVARRO; MANSILLA; PLASTINO (2010), a FE e a FC têm a capacidade de favorecer a aclimação dos ficobilissomas durante longos períodos de radiação solar. Níveis mais elevados de FE e FC podem ser observados nas espécies *I. cordata*, que habitam a zona inferior do infralitoral, porém resultados mais expressivos foram encontrados para *M. laminarioides*, expostas a longos períodos de irradiação solar na zona superior do infralitoral.

4. CONCLUSÃO

A análise de pigmentos indicou que *I. cordata* e *M. laminarioides*, encontrados na zona superior e média do infralitoral, foram adaptados à radiação solar durante mudanças de maré, enquanto *G. skottsbergii*, encontrado na zona infralitoral, foi adaptado a áreas de pouca luminosidade. Os resultados mostraram que as diferenças na concentração de pigmentos estavam intimamente relacionadas às fases de desenvolvimento, espécies de algas e fatores ambientais como habitat, mudanças cíclicas do nível do mar e radiação solar.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Dobkowski KA, Flanagan KD, Nordstrom JR (2019) Factors influencing recruitment and appearance of bull kelp, *Nereocystis luetkeana* (phylum Ochrophyta). *J Phycol*, 55:236-244.
- Hamid N, Ma Q, Boulom S, Liu T, Zheng Z, Balbas J, Robertson J (2015) In: Tiwari BK, Troy DJ (Eds). *Seaweed minor constituents. Seaweed Sustainability: Food and Non-Food Applications*. Cambridge, Massachusetts, pp193–242.
- Huovinen P, Gómez I (2013) Photosynthetic characteristics and UV stress tolerance of Antarctic seaweeds along the depth gradient. *Polar Biol*, 36:1319–1332.
- Jeffrey SW, Humphrey GF (1975) New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1 and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochem Physiol Pflanz*, 167:191–194.
- Kumar M, Gupta V, Trivedi N, Kumari P, Bijo AJ, Reddy CRK, Jha, B (2011). Desiccation induced oxidative stress and its biochemical responses in intertidal red alga *Gracilaria corticata* (Gracilariales, Rhodophyta). *Environ Exp Bot*, 72:194–201.
- Kursar TA, van der Meer JP, Aberte RS (1983) Light harvesting system of the red alga *Gracilaria tikvahiae*. I. Biochemical analyses of pigment mutations. *Plant Physiol*, 73:353–360.
- Mansilla A, Ojeda J, Rozzi R (2012) Cambio climático global en el contexto de la Ecoregión subantártica de Magallanes y la reserva de biosfera Cabo de Hornos. *Ann Inst de la Pat Ser Cs Nat*, 40:69–76.
- Navarro NP, Mansilla A, Plastino EM (2010) *Iridaea cordata* (Gigartinales, Rhodophyta): responses to artificial UVB radiation. *J Appl Phycol*, 22:385–394.
- Santos MAZ, Colepicolo P, Pupo D, Fujii MT, Pereira CMP, Mesko MF (2017) Antarctic red macroalgae: a source of polyunsaturated fatty acids. *J Appl Phycol*, 29(2):759-767.
- Zubia M, Freile-Pelegrín Y, Robledo D (2014) Photosynthesis, pigment composition and antioxidant defences in the red alga *Gracilariopsis tenuifrons* (Gracilariales, Rhodophyta) under environmental stress. *J Appl Phycol* 26:2001–2010.