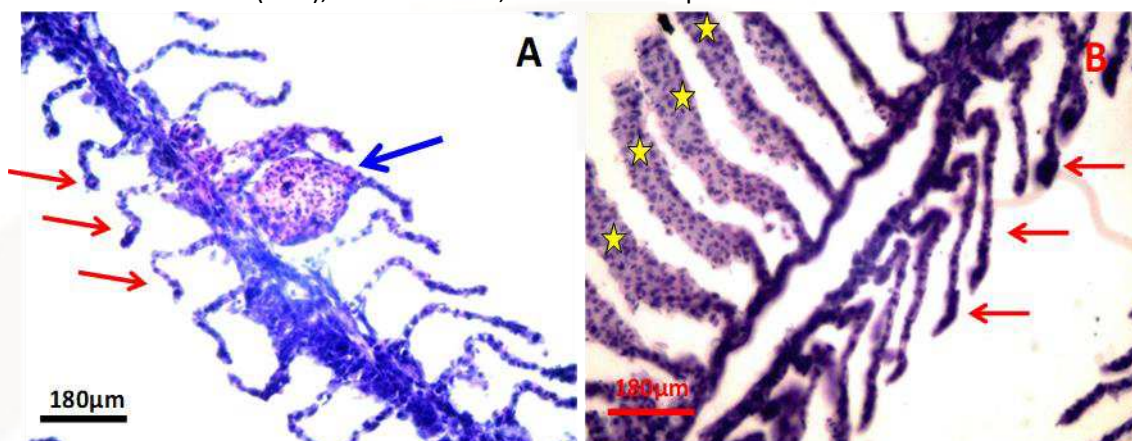
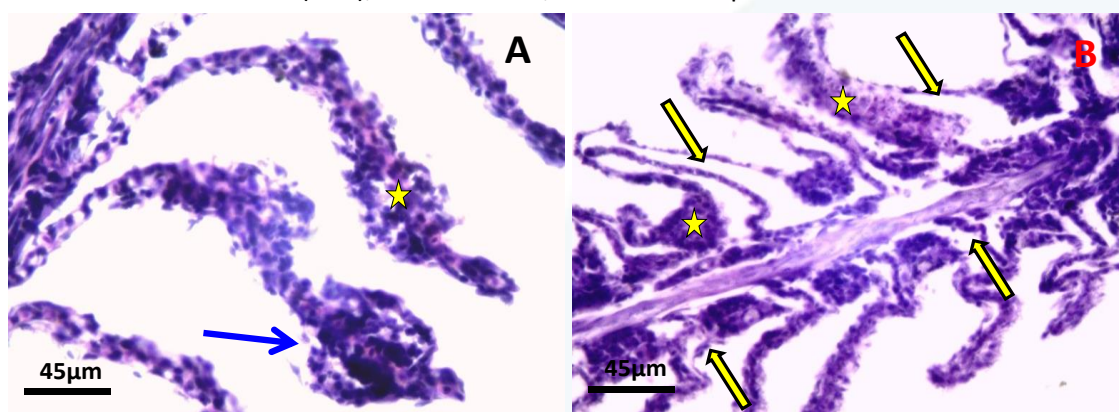


Figura 97. Cortes histológicos de brânquias de espécies capturadas no ponto 5 do compartimento 5 (mar), 5 km da costa, durante a campanha 2



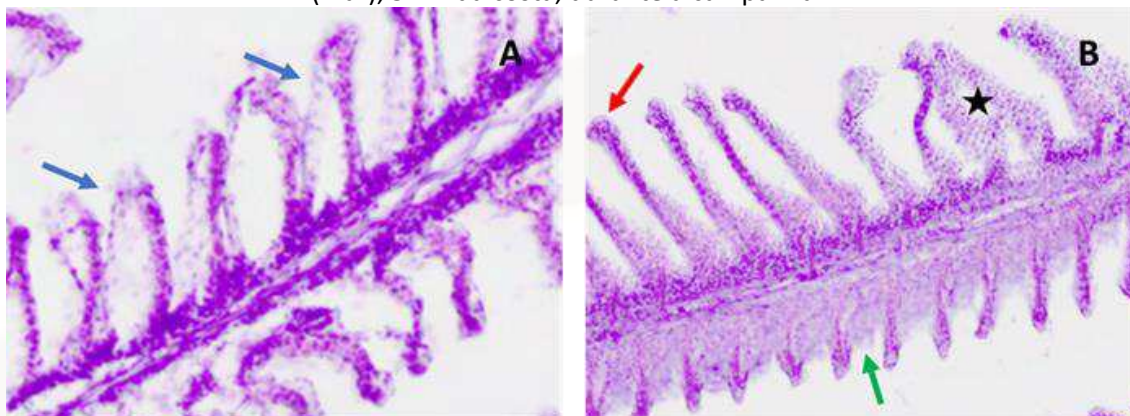
Coloração Hematoxilina-Eosina Seta vermelha = desestruturação do filamento branquial, seta azul = aneurisma, estrela amarela = proliferação celular. Fonte: LACTEC

Figura 98. Cortes histológicos de brânquias de espécies capturadas no ponto 3 do compartimento 5 (mar), 5 km da costa, durante a campanha 3



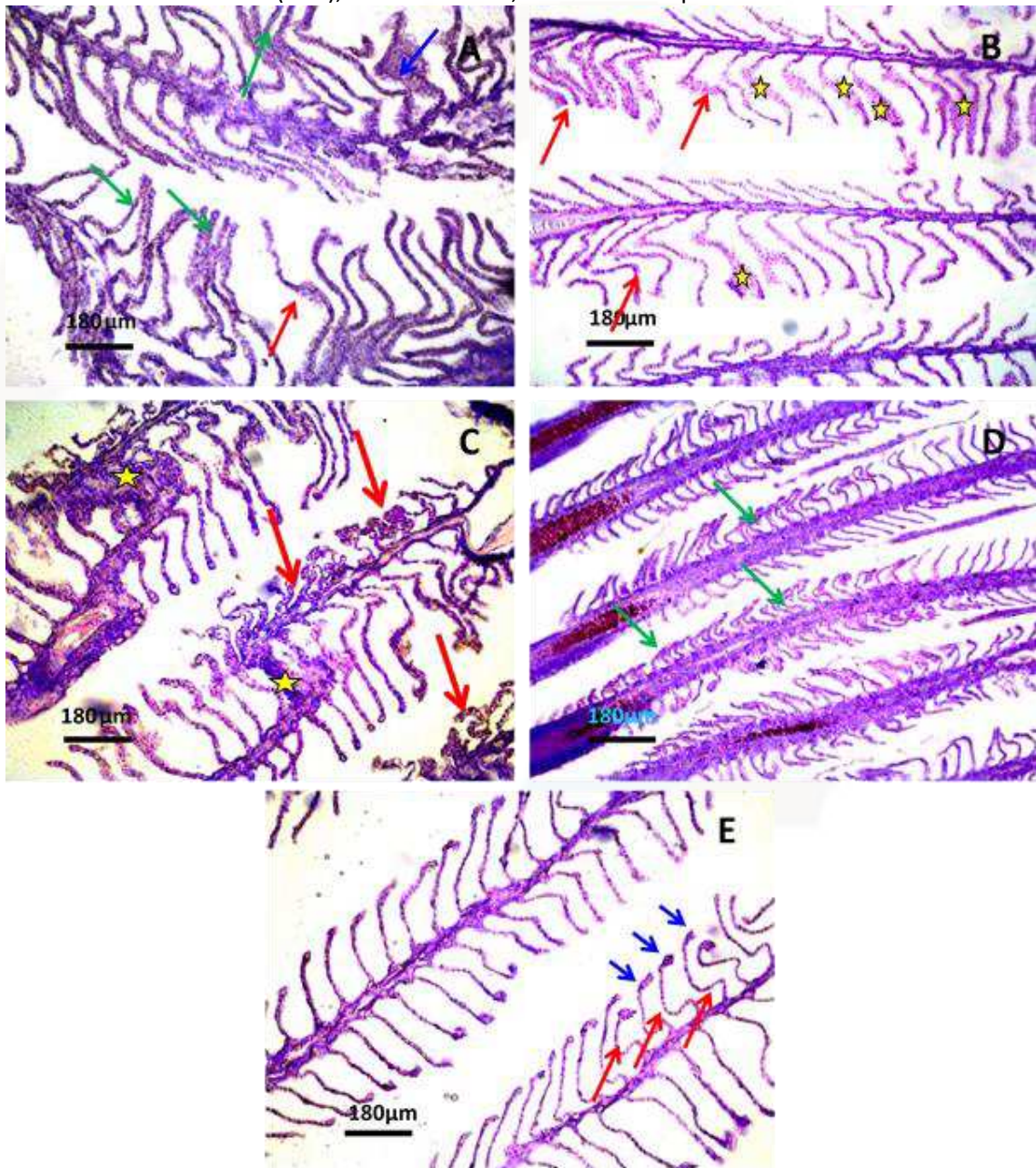
Coloração Hematoxilina-Eosina. Seta azul = aneurisma, seta amarela = descolamento do epitélio, estrela amarela = proliferação celular. Fonte: LACTEC

Figura 99. Cortes histológicos de brânquias de espécies capturadas no ponto 1 do compartimento 5 (mar), 5 km da costa, durante a campanha 4



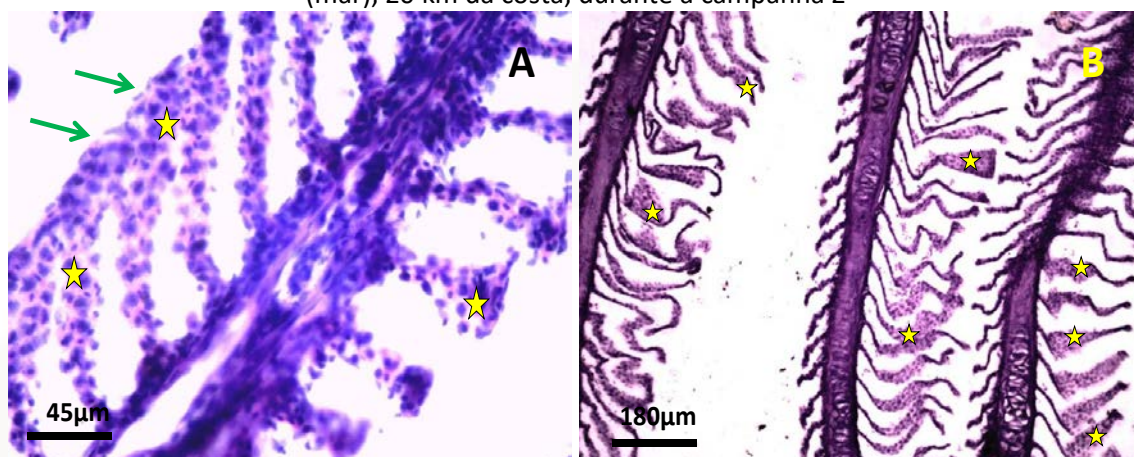
Coloração Hematoxilina-Eosina. Seta azul = deslocamento de epitélio, seta vermelha = aneurisma leve, estrela preta = hipertrofia, seta verde = hiperplasia. Fonte: LACTEC

Figura 100. Cortes histológicos de brânquias de espécies capturadas no ponto 6 do compartimento 5 (mar), 20 km da costa, durante a campanha 1



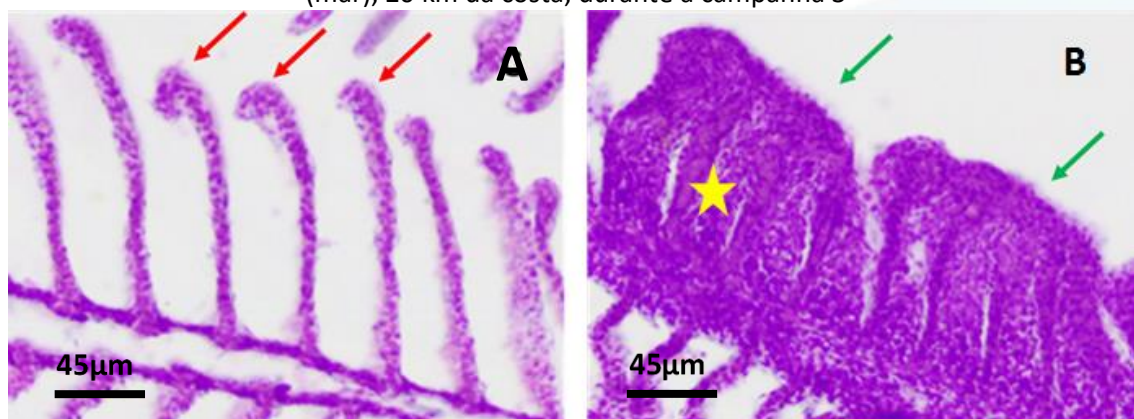
Coloração Hematoxilina-Eosina. Seta vermelha = desestruturação do filamento branquial, seta verde = fusão de lamelas, seta azul = aneurisma, estrela amarela = proliferação celular. Fonte: LACTEC

Figura 101. Cortes histológicos de brânquias de espécies capturadas no ponto 4 do compartimento 5 (mar), 20 km da costa, durante a campanha 2



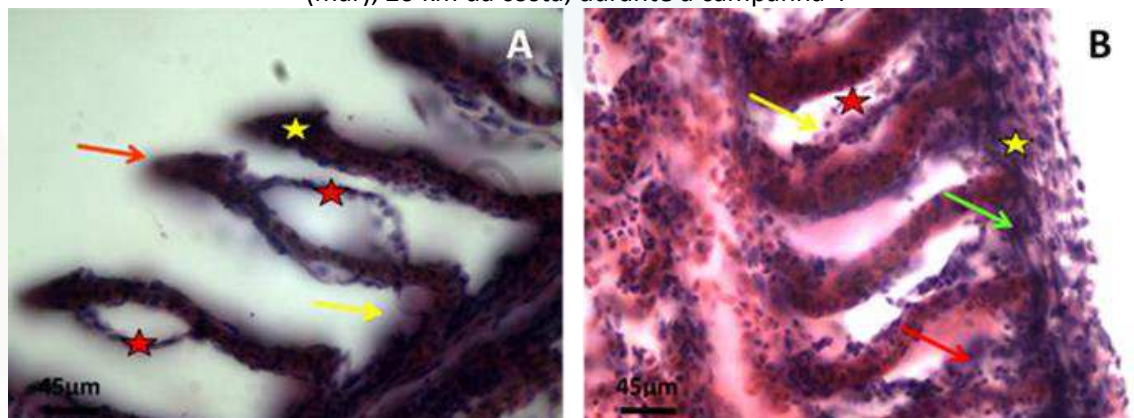
Coloração Hematoxilina-Eosina. Seta verde = fusão de lamelas, estrela amarela = proliferação celular. Fonte: LACTEC

Figura 102. Cortes histológicos de brânquias de espécies capturadas no ponto 2 do compartimento 5 (mar), 20 km da costa, durante a campanha 3



Coloração Hematoxilina-Eosina. Seta vermelha = aneurisma leve, seta verde = hiperplasia, estrela amarela = fusão parcial de lamelas. Fonte: LACTEC

Figura 103. Cortes histológicos de brânquias de espécies capturadas no ponto 6 do compartimento 5 (mar), 20 km da costa, durante a campanha 4



Coloração Hematoxilina-Eosina. Seta vermelha = hipertrofia, seta verde = fusão parcial, seta amarela: desestruturação, estrela amarela = hiperplasia, estrela vermelha = deslocamento do epitélio. Fonte: LACTEC

Tabela 77. Determinação dos valores médios do Índice de Bernet (IB) em cada ponto próximo (5km – pontos 1, 3 e 5) e distantes (20 km – pontos 2, 4 e 6) da costa, em cada uma das campanhas e ao final do período amostral (média IB)

Ponto	Campanha 1	Campanha 2	Campanha 3	Campanha 4	Média IB
1	-	37,0	23,8	36,7	32,5
2	-	32,0	21,5	40,0	31,2
3	-	32,7	29,4	40,2	34,1
4	-	30,4	36,0	30,4	32,3
5	-	24,7	30,3	34,3	29,7
6	-	30,0	31,3	35,8	32,4

A coloração das células indica o gradiente de dano encontrado entre os pontos, deste modo, a célula vermelha corresponde ao ponto com a presença de maiores danos no tecido branquial, a célula amarela aos danos intermediários e as células verdes aos menores danos.

Tabela 78. Determinação dos valores médios do Índice de Bernet (IB) para as ordens mais representativas em cada um dos pontos ao final do período amostral

	PONTOS					
	1	2	3	4	5	6
Gobiesociformes	36,3	33,5	-	34,0	34,5	-
Perciformes	41,0	38,3	28,0	34,3	31,5	29,8
Pleuronectiformes	37,7	-	43,0	35,3	-	-
Siluriformes	23,8	32,8	30,2	32,0	30,8	30,5

A coloração das células indica o valor médio do IB para cada uma das ordens em cada um dos pontos. A célula vermelha corresponde ao ponto cuja determinada ordem apresentou maiores danos no tecido branquial, a célula amarela corresponde aos pontos cujos danos foram intermediários e as células verdes aos pontos onde ocorreram os menores danos para cada uma das ordens. Traço corresponde a ordem não coletas em determinado ponto.

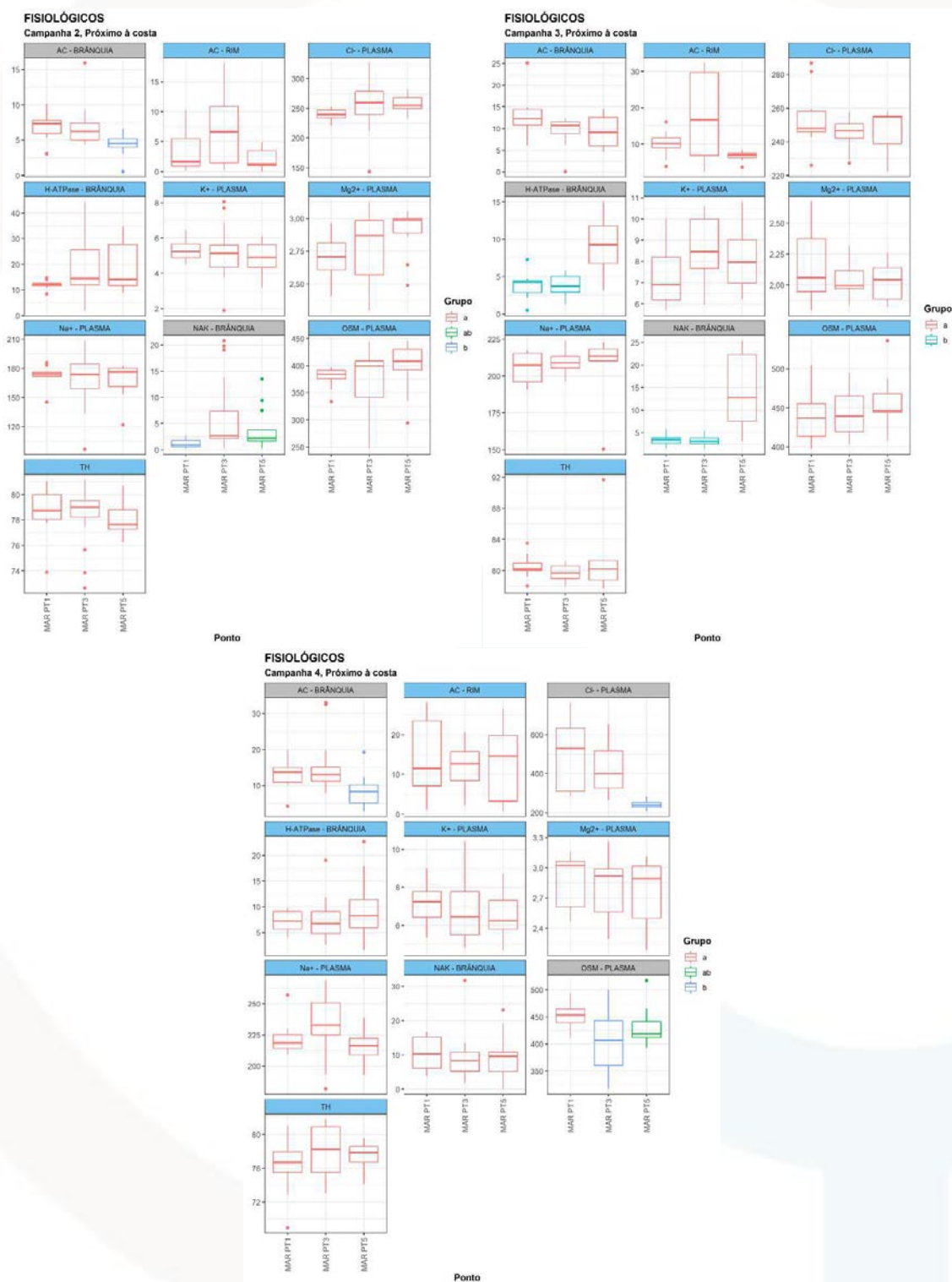
3.1.2.4.2. Prejuízos às funções fisiológicas de osmorregulação, respiração, excreção e equilíbrio ácido-base (biomarcadores: osmolalidade, íons, teor hídrico, atividade específica das enzimas AC, NAK e H⁺-ATPase).

Pontos próximos da costa (5km – pontos 1, 3 e 5)

A avaliação das respostas fisiológicas apresentadas pelos peixes capturados nos pontos mais próximos da costa (5km – pontos 1, 3 e 5) revelou redução na atividade da AC branquial nos peixes capturados no ponto 5 em comparação aos peixes capturados nos pontos 1 e 3 durante as campanhas 2 e 4, assim como menor concentração de Cl⁻ plasmático durante a campanha 4. Ainda, foi observada maior atividade branquial da enzima NAK nos peixes capturados no ponto 3 em comparação aos peixes capturados no ponto 1. A atividade das enzimas branquiais H⁺-ATPase e Na⁺/K⁺-ATPase foram, ainda, maiores nos peixes do pontos 5 em comparação aos peixes capturados nos pontos 1 e 3 durante a campanha 3. Durante a 4ª campanha, os peixes capturados no ponto 1 apresentaram a maior osmolalidade em comparação aos animais capturados no ponto 3. Embora pouca alteração tenha sido

identificada entre os pontos quanto as concentrações de Na^+ e Cl^- plasmáticos, em todos os pontos, independentemente da campanha, as concentrações de Cl^- foram superiores as concentrações de Na^+ (Figura 104).

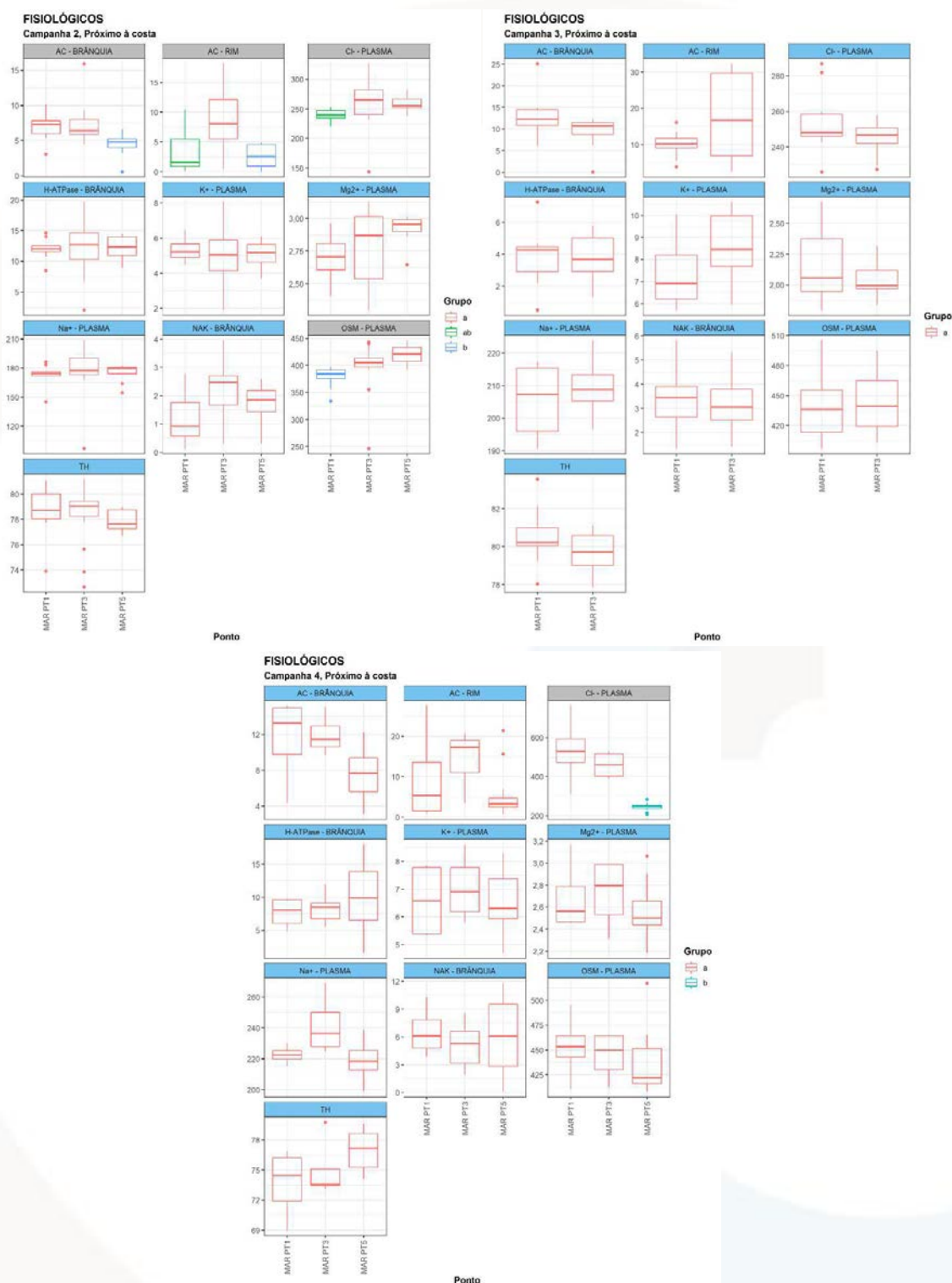
Figura 104. Comparação das respostas dos biomarcadores fisiológicos entre os peixes capturados nos pontos 1, 3 e 5, localizados a 5 km da costa (“próximos da costa”) em cada uma das campanhas amostrais.



Letras e cores diferentes presentes na legenda de cada painel representam diferenças estatísticas (teste de Kruskal-Wallis, seguido de Dunn; $p < 0,05$). Traço (-) indica grupo não avaliado estatisticamente. OSM-PLASMA: osmolalidade plasmática ($\text{mOsm.kgH}_2\text{O}^{-1}$); Na^+ - PLASMA: concentração do íon Na^+ no plasma (mM); K^+ - PLASMA: concentração do íon K^+ no plasma (mM); Cl^- - PLASMA: concentração do íon Cl^- no plasma (mM); Mg^{2+} - PLASMA: concentração do íon Mg^{2+} no plasma (mM); AC - RIM: atividade da anidrase carbônica renal (atividade específica. mg proteína^{-1}); AC - BRÂNQUIA: atividade da anidrase carbônica branquial (atividade específica. mg proteína^{-1}); NAK - BRÂNQUIA: atividade da Na^+/K^+ -ATPase branquial ($\mu\text{mol ADP.mg proteína}^{-1}.\text{h}^{-1}$); H-ATPase - BRÂNQUIA: atividade da H^+ -ATPase branquial ($\mu\text{mol ADP.mg proteína}^{-1}.\text{h}^{-1}$); TH - MÚSCULO: teor de umidade muscular (%).

A análise dos resultados apresentados pelos peixes pertencentes a ordem Siluriformes indicou que, na 2ª campanha, os peixes capturados no ponto 5 apresentaram menor atividade da AC branquial em comparação aos peixes capturados nos pontos 1 e 3 e, menor atividade da AC renal que os peixes capturados no ponto 3. Os peixes capturados no ponto 1, por sua vez, apresentaram menor osmolalidade e concentração de Cl^- plasmático que os peixes capturados nos pontos 3 e 5. Durante a 3ª campanha as comparações foram realizadas apenas entre os pontos 1 e 3, uma vez que não foram amostrados peixes dessa ordem no ponto 5, no entanto, as respostas fisiológicas dos peixes capturados nesses pontos não diferiram. Durante a 4ª campanha os Siluriformes capturados no ponto 5 apresentaram menor concentração de Cl^- plasmáticos que os capturados nos pontos 1 e 3. Apesar disso, os peixes capturados em todos os pontos, independentemente da campanha apresentaram maior concentração de Cl^- que de Na^+ no plasma (Figura 105).

Figura 105. Comparação das respostas dos biomarcadores fisiológicos entre os peixes, da ordem Siluriformes, capturados nos pontos 1, 3 e 5, localizados a 5 km da costa (“próximos da costa”) em cada uma das campanhas amostrais.



Letras e cores diferentes presentes na legenda de cada painel representam diferenças estatísticas (teste de Kruskal-Wallis, seguido de Dunn; $p < 0,05$). Traço (-) indica grupo não avaliado estatisticamente. OSM-PLASMA: osmolalidade plasmática ($\text{mOsm.kgH}_2\text{O}^{-1}$); Na^+ - PLASMA: concentração do íon Na^+ no plasma (mM); K^+ - PLASMA: concentração do íon K^+ no plasma (mM); Cl^- - PLASMA: concentração do íon Cl^- no plasma (mM); Mg^{2+} - PLASMA: concentração do íon Mg^{2+} no plasma (mM); AC - RIM: atividade da anidrase carbônica renal (atividade específica. mg proteína^{-1}); AC - BRÂNQUIA: atividade da anidrase carbônica branquial (atividade específica. mg

proteína⁻¹); NAK – BRÂNQUIA: atividade da Na⁺/K⁺-ATPase branquial (μmol ADP.mg proteína⁻¹.h⁻¹); H-ATPase – BRÂNQUIA: atividade da H⁺-ATPase branquial (μmol ADP.mg proteína⁻¹.h⁻¹); TH – MÚSCULO: teor de umidade muscular (%).

Pontos distantes da costa (20 km – pontos 2, 4 e 6)

A análise da comparação entre as respostas apresentadas pelos peixes capturados nos pontos distantes da costa (20 km – pontos 2, 4 e 6) indicou que durante a 2ª campanha a atividade das enzimas AC branquial e renal foram menores nos peixes capturados no ponto 2 em comparação as atividades enzimáticas dos peixes capturados nos pontos 6 e 4, respectivamente. A atividade da enzima H⁺-ATPase foi menor nos peixes capturados no ponto 2 em comparação aos capturados no ponto 4 e, a atividade da enzima NAK também foi menor nos peixes capturados no ponto 2 em relação aos capturados nos demais pontos. Ainda, durante a 2ª campanha, os peixes capturados no ponto 2 apresentaram maior osmolalidade e maior teor de umidade em comparação aos peixes capturados nos pontos 6 e 4, respectivamente. Durante a 3ª campanha apenas a atividade das enzimas branquiais H⁺-ATPase e Na⁺/K⁺-ATPase foram menores nos peixes capturados no ponto 2 quando comparados aos peixes capturados no ponto 6. Durante a 4ª campanha os peixes capturados no ponto 6 apresentaram menores concentrações plasmáticas de Na⁺ e Cl⁻ e menor atividade da atividade da enzima AC renal em comparação aos peixes capturados no ponto 2. Os peixes do ponto 4 apresentaram menor atividade da enzima branquial H⁺-ATPase em comparação aos peixes capturados no ponto 6, enquanto o teor de umidade muscular foi menor nos peixes capturados no ponto 2 em comparação aos demais pontos amostrais (Figura 106).

Figura 106. Comparação das respostas dos biomarcadores fisiológicos entre os peixes capturados nos pontos 2, 4 e 6, localizados a 20 km da costa (“distantes da costa”) em cada uma das campanhas amostrais.



Letras e cores diferentes presentes na legenda de cada painel representam diferenças estatísticas (teste de Kruskal-Wallis, seguido de Dunn; $p < 0,05$). Traço (-) indica grupo não avaliado estatisticamente. OSM-PLASMA: osmolalidade plasmática ($\text{mOsm.kgH}_2\text{O}^{-1}$); Na⁺- PLASMA: concentração do íon Na⁺ no plasma (mM); K⁺- PLASMA: concentração do íon K⁺ no plasma (mM); Cl⁻- PLASMA: concentração do íon Cl⁻ no plasma (mM); Mg²⁺- PLASMA: concentração do íon Mg²⁺ no plasma (mM); AC – RIM: atividade da anidrase carbônica renal (atividade

específica.mg proteína⁻¹); AC – BRÂNQUIA: atividade da anidrase carbônica branquial (atividade específica.mg proteína⁻¹); NAK – BRÂNQUIA: atividade da Na⁺/K⁺-ATPase branquial (μmol ADP.mg proteína⁻¹.h⁻¹); H-ATPase – BRÂNQUIA: atividade da H⁺-ATPase branquial (μmol ADP.mg proteína⁻¹.h⁻¹); TH – MÚSCULO: teor de umidade muscular (%).

A avaliação das respostas apresentadas pelos peixes da ordem Siluriformes capturados nos pontos distantes da costa foi realizada apenas para entre os pontos 2 e 4 durante a 2ª campanha; 2 e 6 durante a 3ª campanha e, 4 e 6 durante a 4ª campanha, em decorrência da ausência ou insuficiência amostral de organismos pertencentes a esta ordem nos demais pontos em cada campanha. Ainda assim, foi possível observar que: durante a 2ª campanha, a atividade das enzimas AC renal e H⁺-ATPase branquial foram menores nos peixes capturados no ponto 2 em comparação aos capturados no ponto 4; durante a 3ª campanha não houve diferenças entre as respostas dos peixes dos pontos 2 e 6 e, durante a 4ª campanha a concentração de Cl⁻ plasmático foi menor nos peixes capturados no 6 em comparação aos peixes capturados no ponto 4. Destaca-se, ainda, que os peixes capturados em todos os pontos distantes da costa as concentrações plasmáticas de Cl⁻ foram maiores que as concentrações de Na⁺ (Figura 107).

Figura 107. Comparação das respostas dos biomarcadores fisiológicos entre os peixes, da ordem Siluriformes, capturados nos pontos 2, 4 e 6, localizados a 20 km da costa (“distantes da costa”) em cada uma das campanhas amostrais.



Letras e cores diferentes presentes na legenda de cada painel representam diferenças estatísticas (teste de Kruskal-Wallis, seguido de Dunn; $p < 0,05$). Traço (-) indica grupo não avaliado estatisticamente. OSM-PLASMA: osmolalidade plasmática ($\text{mOsm.kgH}_2\text{O}^{-1}$); Na^+ - PLASMA: concentração do íon Na^+ no plasma (mM); K^+ - PLASMA: concentração do íon K^+ no plasma (mM); Cl^- - PLASMA: concentração do íon Cl^- no plasma (mM); Mg^{2+} - PLASMA: concentração do íon Mg^{2+} no plasma (mM); AC - RIM: atividade da anidrase carbônica renal (atividade

específica.mg proteína⁻¹); AC – BRÂNQUIA: atividade da anidrase carbônica branquial (atividade específica.mg proteína⁻¹); NAK – BRÂNQUIA: atividade da Na⁺/K⁺-ATPase branquial (μmol ADP.mg proteína⁻¹.h⁻¹); H-ATPase – BRÂNQUIA: atividade da H⁺-ATPase branquial (μmol ADP.mg proteína⁻¹.h⁻¹); TH – MÚSCULO: teor de umidade muscular (%).

Pares de pontos (próximos x distantes da costa, ou seja, 1x2; 3x4 e 5x6)

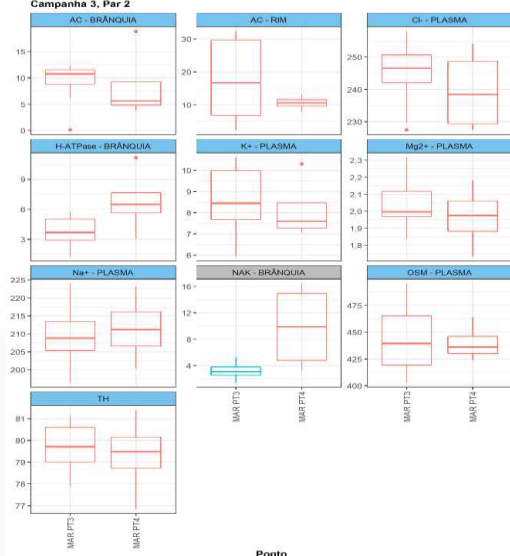
Ao avaliação das respostas entre os pares de pontos amostrais, ou seja, 1x2 localizados ao sul da foz do rio Doce (par 1); 3x4 localizados na direção da foz do rio Doce (par 2) e, 5x6 localizados ao norte da foz do rio Doce (par 3), teve como objetivo verificar se a distância da costa seria um fator a influenciar a exposição dos peixes localizados no compartimento 5 e, se esta influência poderia estar relacionada à localização dos pontos (norte, sul ou na direção da foz do rio Doce).

Através dessa avaliação foi possível identificar que o par 1 apresentou diferenças nas respostas dos biomarcadores fisiológicos apenas na 2ª campanha, onde os peixes capturados no ponto 1 (próximo da costa) apresentaram menor osmolalidade e concentração de todos os íons plasmáticos, além de maior atividade da AC branquial em relação ao observado nos peixes capturados no ponto 2 (distante da costa). Para o par 2 foi observada, na 2ª campanha, menor concentração de K⁺ plasmático, maior teor de umidade e maior atividade da AC branquial e, na 3ª campanha, menor atividade da NAK nos peixes capturados no ponto 3 (próximo da costa) em relação aos peixes capturados no ponto 4 (distante da costa). Para o par 3, na 2ª campanha, os peixes capturados no ponto 5 apresentaram menor concentração de Na⁺ plasmático e da atividade das enzimas AC branquial e renal e, maior teor de umidade que os peixes capturados no ponto 6, enquanto nas 3ª e 4ª campanhas observou-se apenas menor atividade da AC renal e da AC branquial, respectivamente, nos peixes capturados no ponto 5 (Figura 108).

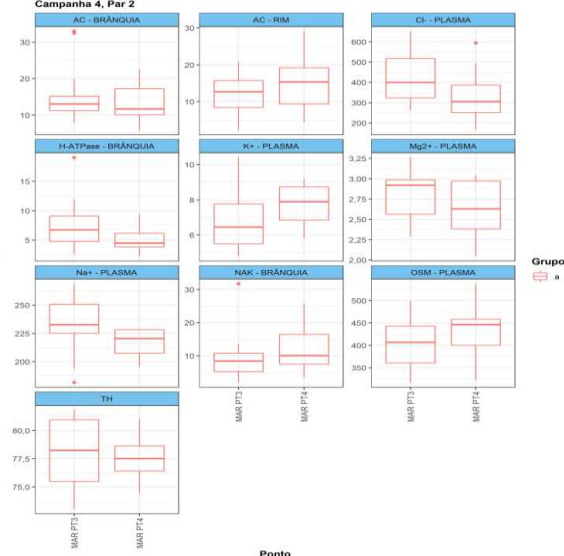
Figura 108. Comparação das respostas dos biomarcadores fisiológicos entre os peixes capturados nos pontos próximos x distantes da costa (1x2; 3x4 e 5x6) em cada uma das campanhas amostrais



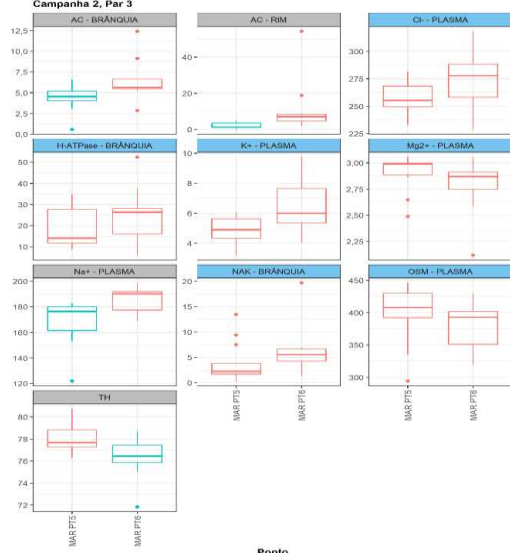
FISIOLÓGICOS Campanha 3, Par 2



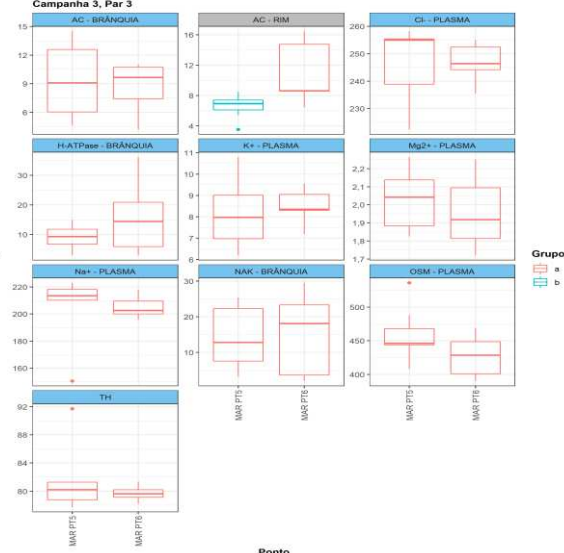
FISIOLÓGICOS Campanha 4, Par 2



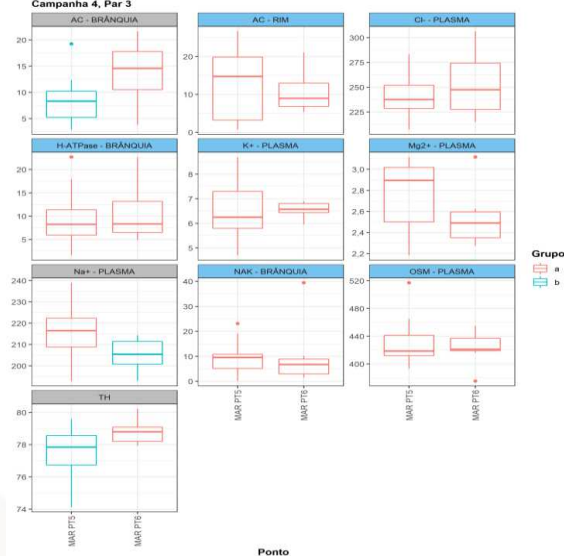
FISIOLÓGICOS Campanha 2, Par 3



FISIOLÓGICOS Campanha 3, Par 3



FISIOLÓGICOS Campanha 4, Par 3

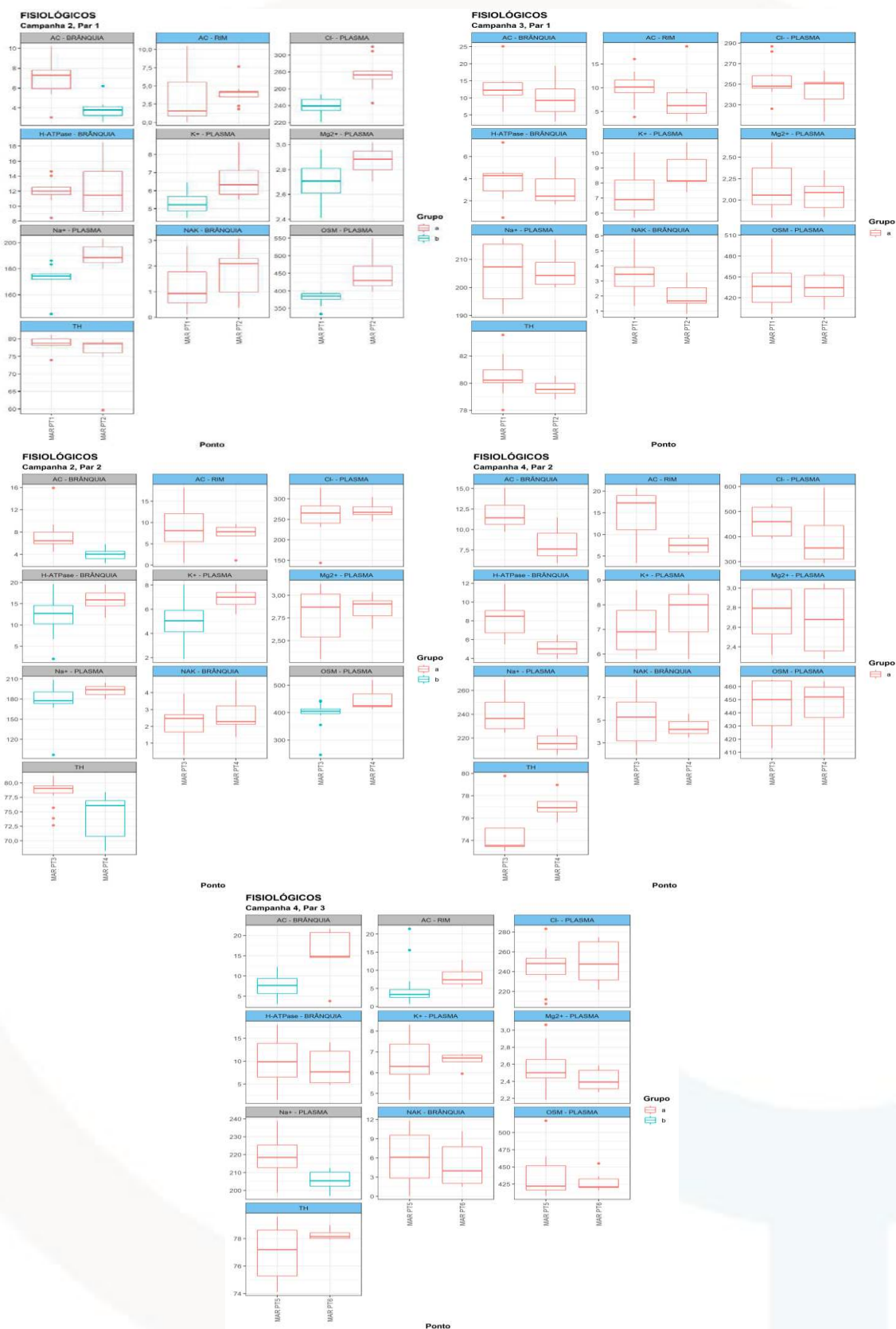


Letras e cores diferentes apresentadas na legenda de cada painel de gráficos representam diferença estatística (teste de Kruskal-Wallis, seguido de Dunn; $p < 0,05$). Traço (-) indica grupo não avaliado estatisticamente. OSM-PLASMA: osmolalidade plasmática ($\text{mOsm.kgH}_2\text{O}^{-1}$); Na^+ - PLASMA: concentração do íon Na^+ no plasma (mM); K^+

- PLASMA: concentração do íon K^+ no plasma (mM); Cl^- - PLASMA: concentração do íon Cl^- no plasma (mM); Mg^{2+} - PLASMA: concentração do íon Mg^{2+} no plasma (mM); AC – RIM: atividade da anidrase carbônica renal (atividade específica.mg proteína⁻¹); AC – BRÂNQUIA: atividade da anidrase carbônica branquial (atividade específica.mg proteína⁻¹); NAK – BRÂNQUIA: atividade da Na^+/K^+ -ATPase branquial (μ mol ADP.mg proteína⁻¹.h⁻¹); H-ATPase – BRÂNQUIA: atividade da H^+ -ATPase branquial (μ mol ADP.mg proteína⁻¹.h⁻¹); TH – MÚSCULO: teor de umidade muscular (%).

Similar ao observado anteriormente, quando agrupados na ordem Siluriformes, os peixes capturados no ponto 1 apresentaram, na 2ª campanha, menor osmolalidade, de todos os íons plasmáticos e maior atividade da AC branquial em comparação aos peixes do ponto 2. Para o par 2, na 2ª campanha, os peixes capturados no ponto 3 apresentaram menor osmolalidade e concentrações de Na^+ e K^+ plasmáticos, maior teor de umidade, maior atividade da AC branquial e menor atividade da H^+ -ATPase que os peixes capturados no ponto 4. Para o par 3, avaliado apenas na 4ª campanha, os peixes capturados no ponto 5 apresentaram maior concentração de Na^+ plasmático e menor atividade da AC branquial e renal, em comparação aos peixes capturados no ponto 6. Ressalta-se que não foram realizadas comparações entre os Siluriformes na 3ª campanha por ausência ou insuficiência amostral de peixes dessa ordem (Figura 109).

Figura 109. Comparação das respostas dos biomarcadores fisiológicos entre os peixes, da ordem Siluriformes, capturados nos pontos próximos x distantes da costa (1x2; 3x4 e 5x6) em cada uma das campanhas amostrais

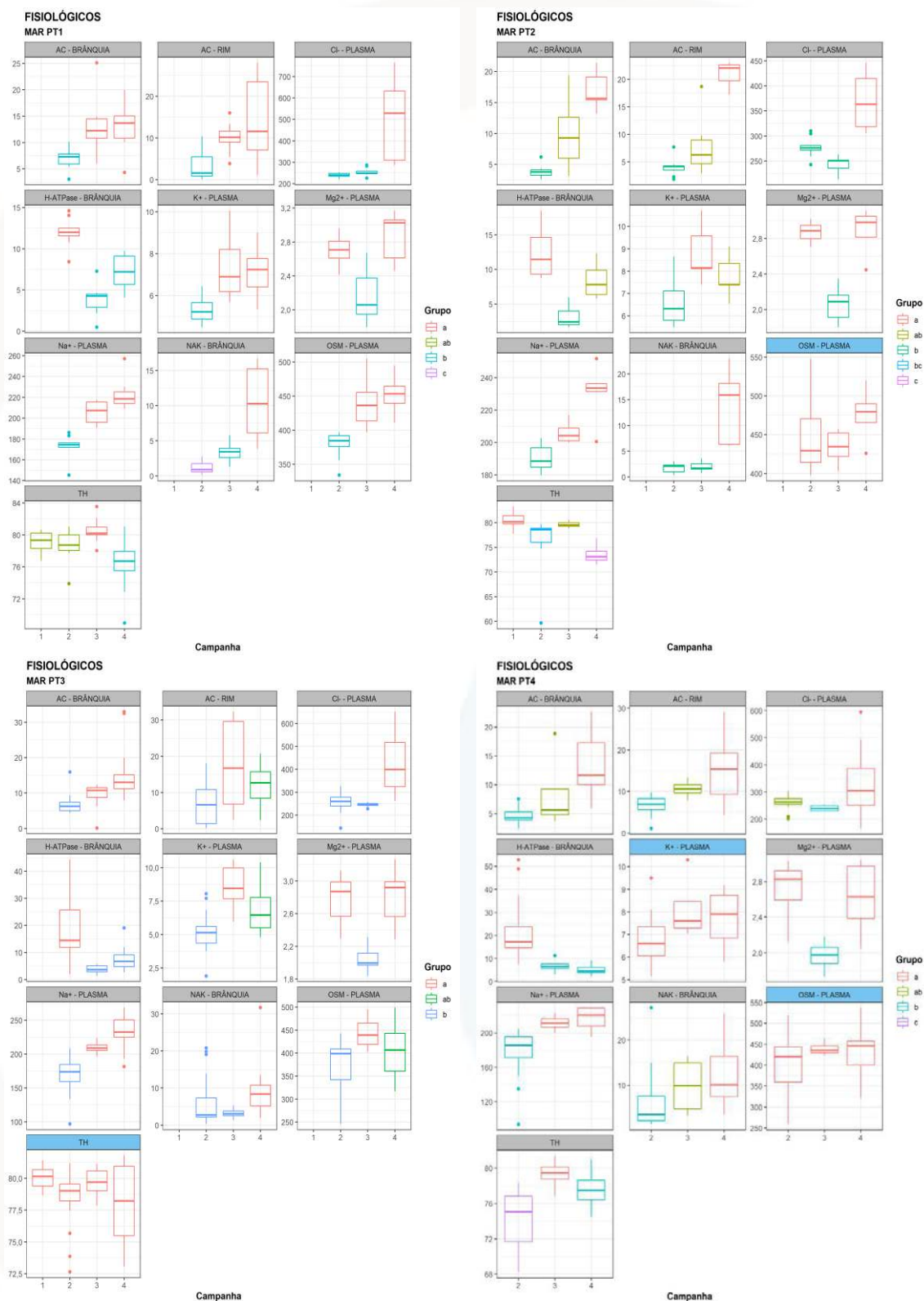


Letras e cores diferentes apresentadas na legenda de cada painel de gráficos representam diferença estatística (teste de Kruskal-Wallis, seguido de Dunn; $p < 0,05$). Traço (-) indica grupo não avaliado estatisticamente. OSM-PLASMA: osmolalidade plasmática ($\text{mOsm.kgH}_2\text{O}^{-1}$); Na^+ - PLASMA: concentração do íon Na^+ no plasma (mM); K^+ - PLASMA: concentração do íon K^+ no plasma (mM); Cl^- - PLASMA: concentração do íon Cl^- no plasma (mM); Mg^{2+} - PLASMA: concentração do íon Mg^{2+} no plasma (mM); AC – RIM: atividade da anidrase carbônica renal (atividade específica.mg proteína $^{-1}$); AC – BRÂNQUIA: atividade da anidrase carbônica branquial (atividade específica.mg proteína $^{-1}$); NAK – BRÂNQUIA: atividade da Na^+/K^+ -ATPase branquial ($\mu\text{mol ADP.mg proteína}^{-1}.\text{h}^{-1}$); H-ATPase – BRÂNQUIA: atividade da H^+ -ATPase branquial ($\mu\text{mol ADP.mg proteína}^{-1}.\text{h}^{-1}$); TH – MÚSCULO: teor de umidade muscular (%).

Comparação temporal (entre as campanhas amostrais)

A avaliação temporal revelou que, na 2ª campanha, os peixes capturados em todos os pontos amostrais apresentaram menor concentração plasmática de Na^+ e atividade da AC branquial; na 3ª campanha, novamente em todos os pontos, as concentrações plasmáticas de Mg^{2+} foram menores. As atividades das enzimas NAK e AC renal foram menores em todos os peixes capturados durante a 2ª ou na 2ª e 3ª campanhas, enquanto que, também na 2ª campanha, foi identificada a maior atividade da H-ATPase. A concentração plasmática de Cl^- foi menor nas campanhas 3 e 4, nos peixes capturados nos pontos 1, 2 e 3 e, na campanha 3, para os peixes capturados nos pontos 4 e 5. A osmolalidade foi menor, na 2ª campanha, nos peixes capturados nos pontos 1, 3, 5 e 6 e não apresentou diferença significativa entre as campanhas para os peixes capturados nos pontos 2 e 4. O teor de umidade foi menor, na 4ª campanha, nos peixes capturados nos pontos 1 e 2; na 2ª campanha nos peixes capturados nos pontos 4 e 6 e, nas 2ª e 4ª campanhas, nos peixes capturados no ponto 5. Apenas o ponto 3 não apresentou alteração ao longo das campanhas (Figura 110).

Figura 110. Comparação das respostas dos biomarcadores fisiológicos dos peixes capturados em cada um dos pontos ao longo das campanhas amostrais (comparação temporal)

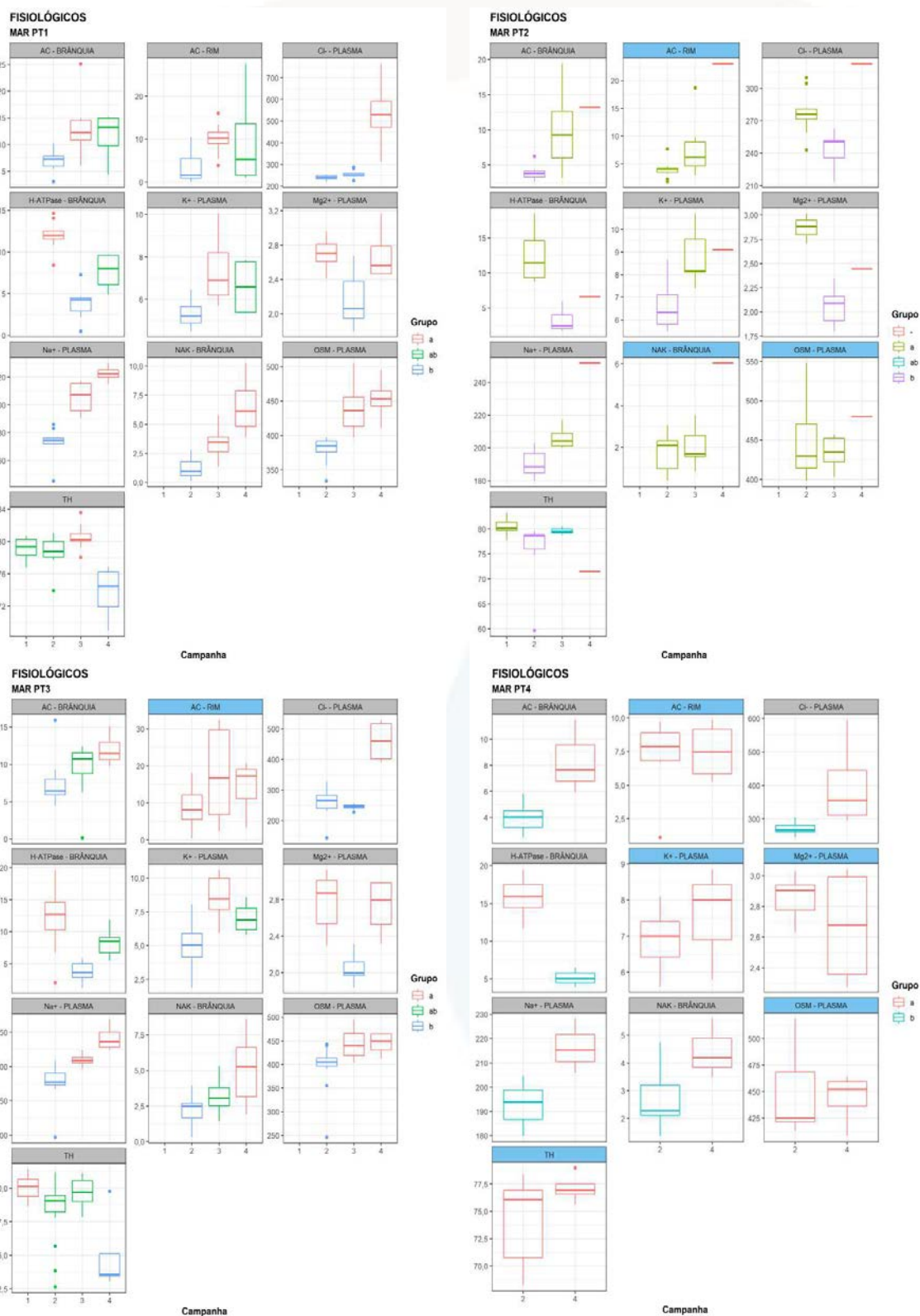


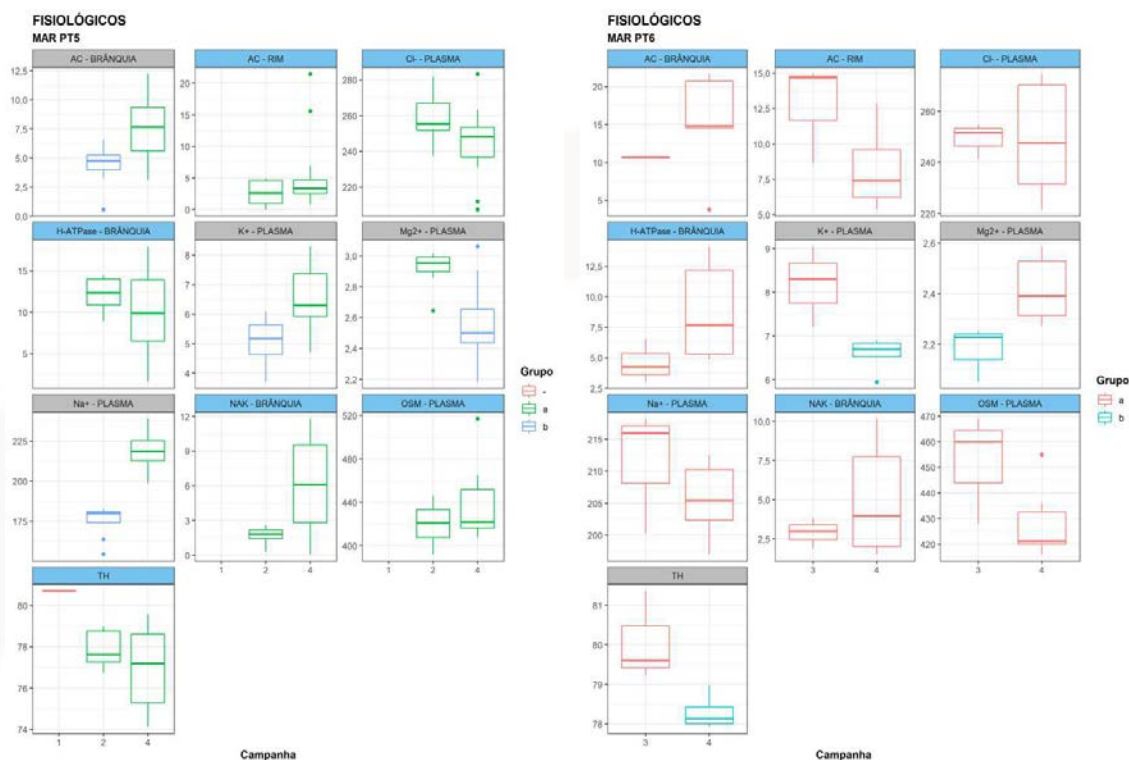


Letras e cores diferentes apresentadas na legenda de cada painel de gráficos representam diferença estatística (teste de Kruskal-Wallis, seguido de Dunn; $p < 0,05$). Traço (-) indica grupo não avaliado estatisticamente. OSM-PLASMA: osmolaridade plasmática ($\text{mOsm.kgH}_2\text{O}^{-1}$); Na^+ - PLASMA: concentração do íon Na^+ no plasma (mM); K^+ - PLASMA: concentração do íon K^+ no plasma (mM); Cl^- - PLASMA: concentração do íon Cl^- no plasma (mM); Mg^{2+} - PLASMA: concentração do íon Mg^{2+} no plasma (mM); AC - RIM: atividade da anidrase carbônica renal (atividade específica.mg proteína $^{-1}$); AC - BRÂNQUIA: atividade da anidrase carbônica branquial (atividade específica.mg proteína $^{-1}$); NAK - BRÂNQUIA: atividade da Na^+/K^+ -ATPase branquial ($\mu\text{mol ADP.mg proteína}^{-1}.\text{h}^{-1}$); H-ATPase - BRÂNQUIA: atividade da H^+ -ATPase branquial ($\mu\text{mol ADP.mg proteína}^{-1}.\text{h}^{-1}$); TH - MÚSCULO: teor de umidade muscular (%).

Os peixes pertencentes a ordem Siluriformes e capturados nos pontos 1 e 3 apresentaram um padrão bastante semelhante nas respostas, com as menores atividades enzimáticas e concentrações iônicas observadas, em sua maioria, na 2ª campanha, exceto a atividade da H^+ -ATPase e a concentração plasmática de Mg^{2+} que foram menores na 3ª campanha e, o teor de umidade que foi menor na 4ª campanha (Figura 111).

Figura 111. Comparação das respostas dos biomarcadores fisiológicos dos peixes, da ordem Siluriformes, capturados em cada um dos pontos ao longo das campanhas amostrais (comparação temporal)





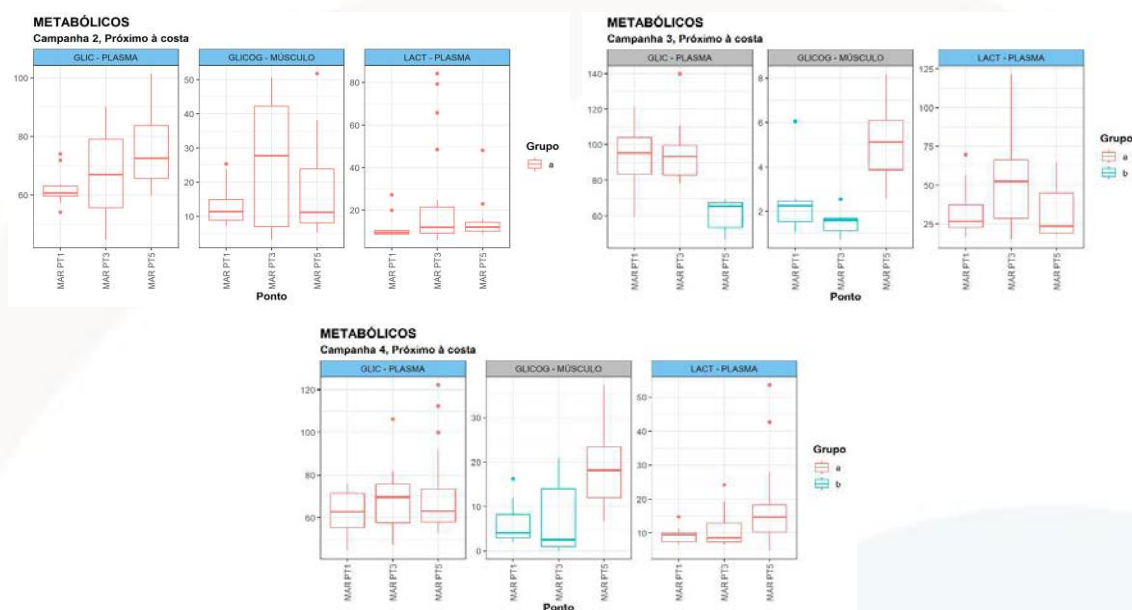
Letras e cores diferentes apresentadas na legenda de cada painel de gráficos representam diferença estatística (teste de Kruskal-Wallis, seguido de Dunn; $p < 0,05$). Traço (-) indica grupo não avaliado estatisticamente. OSM-PLASMA: osmolalidade plasmática ($\text{mOsm.kgH}_2\text{O}^{-1}$); Na^+ - PLASMA: concentração do íon Na^+ no plasma (mM); K^+ - PLASMA: concentração do íon K^+ no plasma (mM); Cl^- - PLASMA: concentração do íon Cl^- no plasma (mM); Mg^{2+} - PLASMA: concentração do íon Mg^{2+} no plasma (mM); AC - RIM: atividade da anidrase carbônica renal (atividade específica.mg proteína $^{-1}$); AC - BRÂNCUA: atividade da anidrase carbônica branquial (atividade específica.mg proteína $^{-1}$); NAK - BRÂNCUA: atividade da Na^+/K^+ -ATPase branquial ($\mu\text{mol ADP.mg proteína}^{-1}.\text{h}^{-1}$); H-ATPase - BRÂNCUA: atividade da H^+ -ATPase branquial ($\mu\text{mol ADP.mg proteína}^{-1}.\text{h}^{-1}$); TH - MÚSCULO: teor de umidade muscular (%).

3.1.2.4.3. Prejuízos ao metabolismo energético (biomarcadores: glicose, glicogênio e lactato)

Pontos próximos da costa (5 km – pontos 1, 3 e 5)

A análise das respostas dos biomarcadores relacionados ao metabolismo energético apresentada pelos peixes capturados nos pontos próximos da costa demonstra que não houve diferença nas concentrações de glicose, glicogênio e lactato nos peixes capturados nos pontos 1, 3 e 5 durante a 2ª campanha, assim como nas concentrações de lactato durante as 3ª e 4ª campanhas e, de glicose durante a 4ª campanha. Porém, durante a 3ª campanha, os peixes capturados no ponto 5 apresentaram menor concentração de glicose e maior concentração de glicogênio que os peixes capturados nos pontos 1 e 3 (Figura 112).

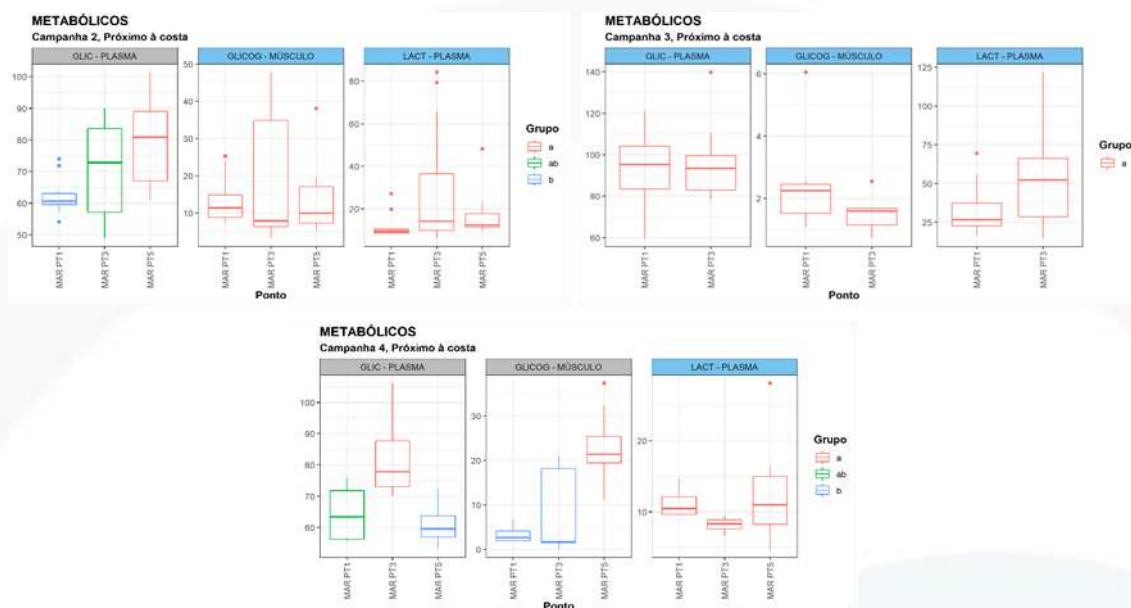
Figura 112. Comparação das respostas dos biomarcadores relacionados ao metabolismo energético entre os peixes capturados nos pontos 1, 3 e 5, localizados a 5 km da costa (“próximos da costa”) em cada uma das campanhas amostrais.



Letras e cores diferentes presentes na legenda de cada painel representam diferenças estatísticas (teste de Kruskal-Wallis, seguido de Dunn; $p < 0,05$). Traço (-) indica grupo não avaliado estatisticamente. GLIC - PLASMA: concentração de glicose plasmática (mg.dL^{-1}); GLICOG - MÚSCULO: concentração de glicogênio muscular ($\mu\text{mol glicosil-glicose.g de tecido úmido}^{-1}$); LACT - PLASMA: concentração de lactato plasmático (mg.dL^{-1}).

A análise das respostas apresentadas pelos peixes capturados nos pontos próximos da costa e agrupados na ordem Siluriformes indica que, durante a 2ª campanha, os peixes capturados no ponto 1 apresentaram menor concentração de glicose em comparação aos peixes capturados no ponto 5, enquanto que, durante a 4ª campanha, os peixes capturados no ponto 5 apresentaram menor concentração de glicose em comparação aos peixes capturados no ponto 3 e maiores concentrações de glicogênio muscular em comparação aos peixes capturados nos pontos 1 e 3 (Figura 113).

Figura 113. Comparação das respostas dos biomarcadores relacionados ao metabolismo energético entre os peixes da ordem Siluriformes capturados nos pontos 1, 3 e 5, localizados a 5 km da costa (“próximos da costa”) em cada uma das campanhas amostrais.



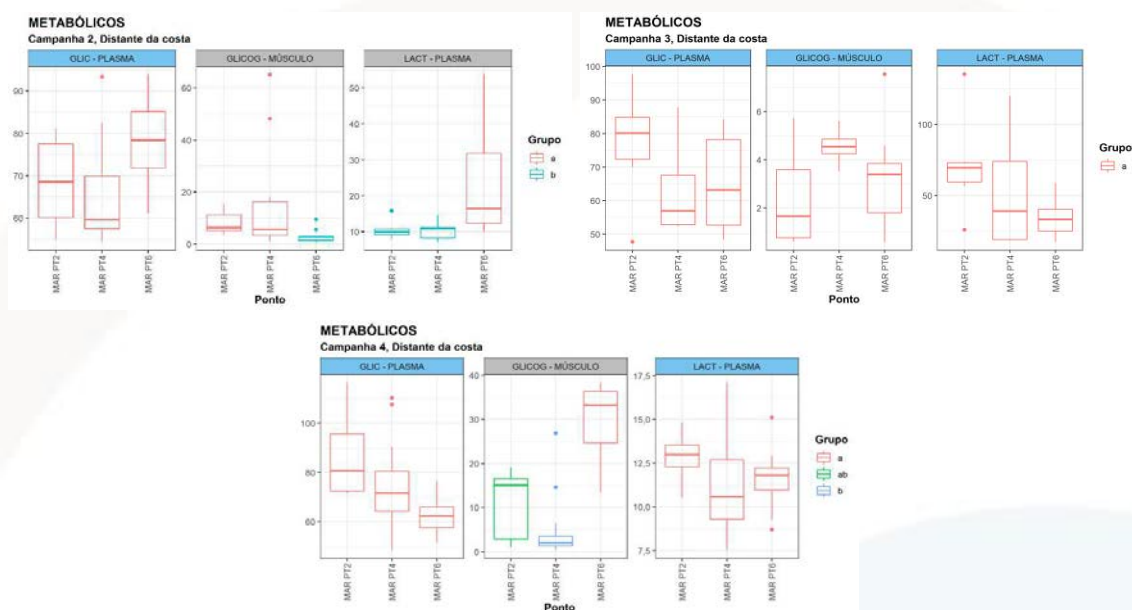
Letras e cores diferentes presentes na legenda de cada painel representam diferenças estatísticas (teste de Kruskal-Wallis, seguido de Dunn; $p < 0,05$). Traço (-) indica grupo não avaliado estatisticamente. GLIC - PLASMA: concentração de glicose plasmática (mg.dL^{-1}); GLICOG - MÚSCULO: concentração de glicogênio muscular ($\mu\text{mol glicosil-glicose.g de tecido úmido}^{-1}$); LACT - PLASMA: concentração de lactato plasmático (mg.dL^{-1}).

Pontos distantes da costa (20 km – 2, 4 e 6)

A análise das respostas, dos biomarcadores de metabolismo energético, apresentadas pelos peixes capturados nos pontos distantes da costa demonstra que, durante a 2ª campanha, os peixes capturados no ponto 6 apresentaram menor concentração de glicogênio e maior concentração de lactato em comparação aos peixes capturados nos pontos 2 e 4. Na 3ª campanha os três biomarcadores de metabolismo energético apresentaram níveis similares entre os peixes dos três pontos amostrais avaliados. Na 4ª campanha, a glicose e o lactato plasmáticos mantiveram-se em níveis semelhantes nos peixes dos diferentes pontos amostrais, no entanto, o glicogênio muscular foi maior nos peixes capturados no ponto 6 quando comparados às concentrações determinadas nos peixes capturados no ponto 4 (Figura 114).

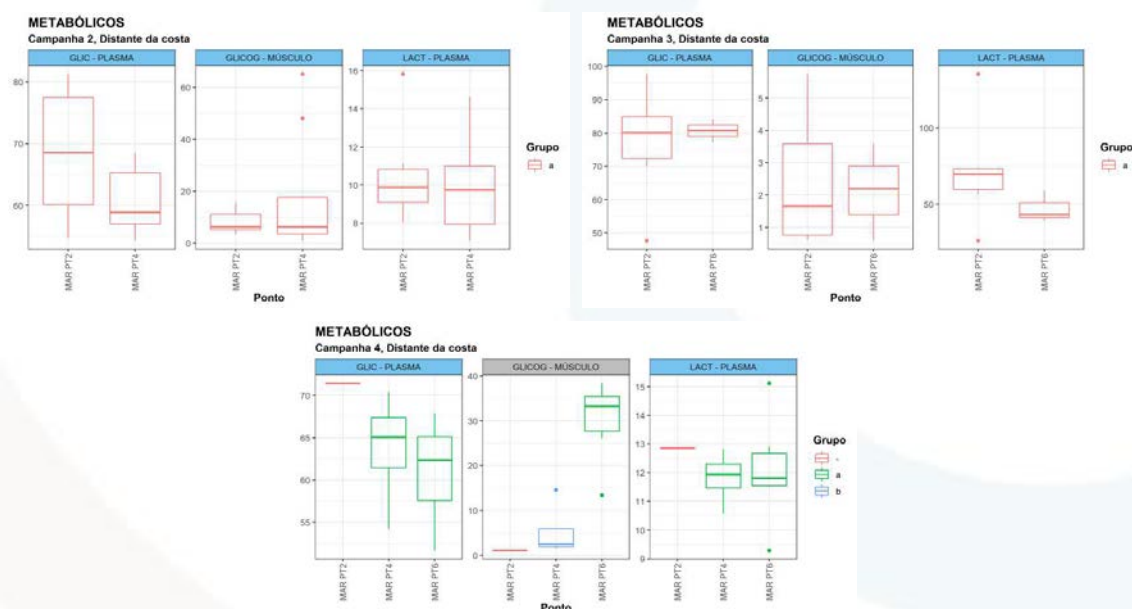
A avaliação dos peixes capturados nos pontos distantes da costa quando agrupados na ordem Siluriformes revelou, apenas na 4ª campanha, maior concentração de glicogênio muscular nos peixes capturados no ponto 6 em comparação aos animais capturados no ponto 4 (Figura 115).

Figura 114. Comparação das respostas dos biomarcadores relacionados ao metabolismo energético entre os peixes capturados nos pontos 2, 4 e 6, localizados a 20 km da costa (“distantes da costa”) em cada uma das campanhas amostrais.



Letras e cores diferentes presentes na legenda de cada painel representam diferenças estatísticas (teste de Kruskal-Wallis, seguido de Dunn; $p < 0,05$). Traço (-) indica grupo não avaliado estatisticamente. GLIC - PLASMA: concentração de glicose plasmática (mg.dL^{-1}); GLICOG - MÚSCULO: concentração de glicogênio muscular ($\mu\text{mol glicósil-glicose.g de tecido úmido}^{-1}$); LACT - PLASMA: concentração de lactato plasmático (mg.dL^{-1}).

Figura 115. Comparação das respostas dos biomarcadores relacionados ao metabolismo energético entre os peixes, da ordem Siluriformes, capturados nos pontos 2, 4 e 6, localizados a 20 km da costa (“distantes da costa”) em cada uma das campanhas amostrais.

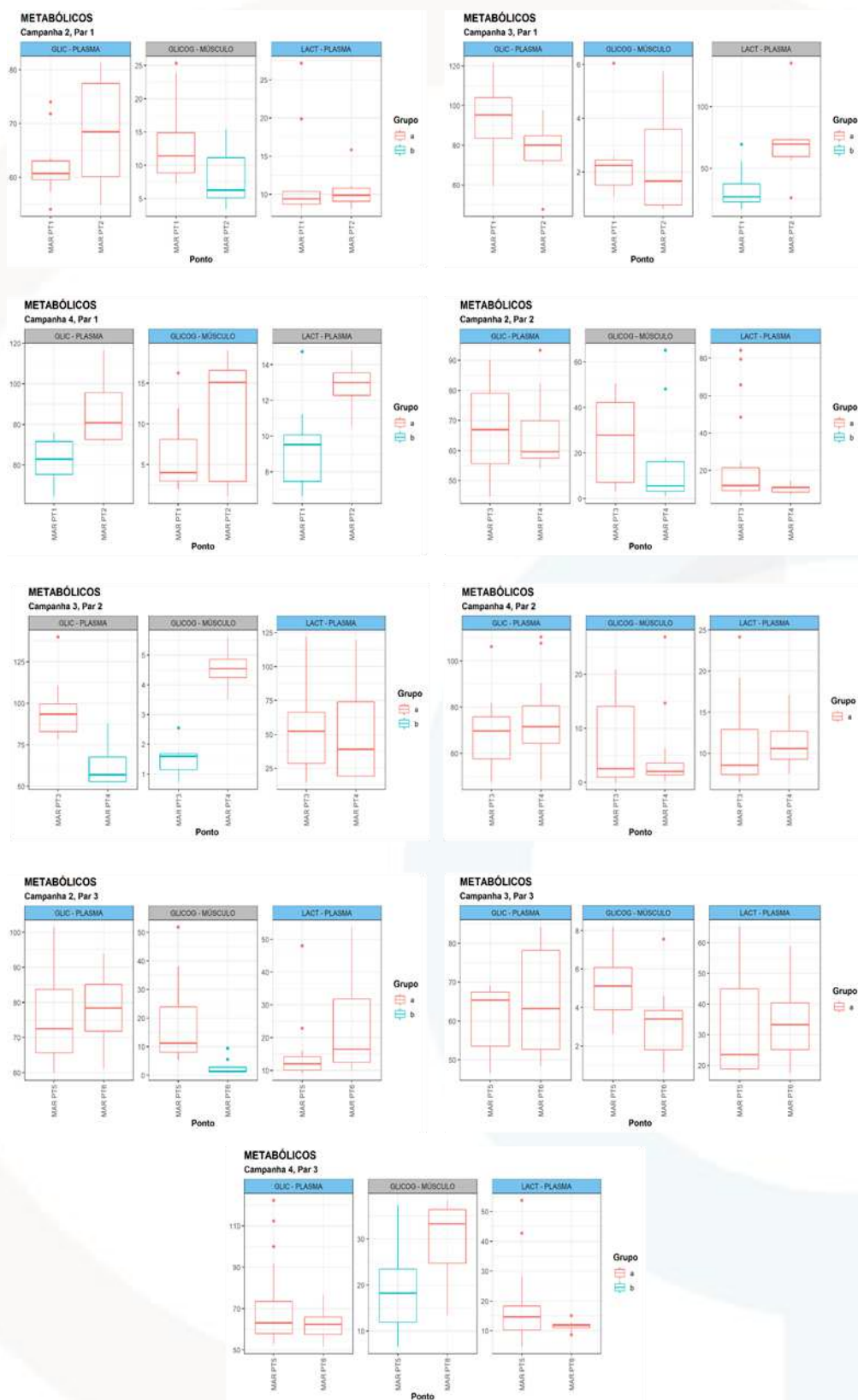


Letras e cores diferentes presentes na legenda de cada painel representam diferenças estatísticas (teste de Kruskal-Wallis, seguido de Dunn; $p < 0,05$). Traço (-) indica grupo não avaliado estatisticamente. GLIC - PLASMA: concentração de glicose plasmática (mg.dL^{-1}); GLICOG - MÚSCULO: concentração de glicogênio muscular ($\mu\text{mol glicósil-glicose.g de tecido úmido}^{-1}$); LACT - PLASMA: concentração de lactato plasmático (mg.dL^{-1}).

Pares de pontos (próximos x distantes da costa, ou seja, 1x2; 3x4 e 5x6)

A análise dos biomarcadores metabólicos entre os pares demonstrou que apenas o glicogênio muscular apresentou diferença na 2ª campanha, sendo determinado em maiores concentrações nos peixes capturados nos pontos próximos da costa (1, 3 e 5) que em seus pares distantes da costa. Nas 3ª e 4ª campanhas, para o par 1, o lactato plasmático foi maior nos peixes capturados no ponto 2, assim como observado para a glicose plasmática na 4ª campanha. Para o par 2, na 3ª campanha, os peixes capturados no ponto 3 apresentaram maior concentração de glicose plasmática e menor concentração de glicogênio muscular em relação ao ponto 4. Os peixes capturados no ponto 6, do par 3, apresentaram apenas na 4ª campanha maior concentração de glicogênio muscular do que os peixes do ponto 5 (Figura 116).

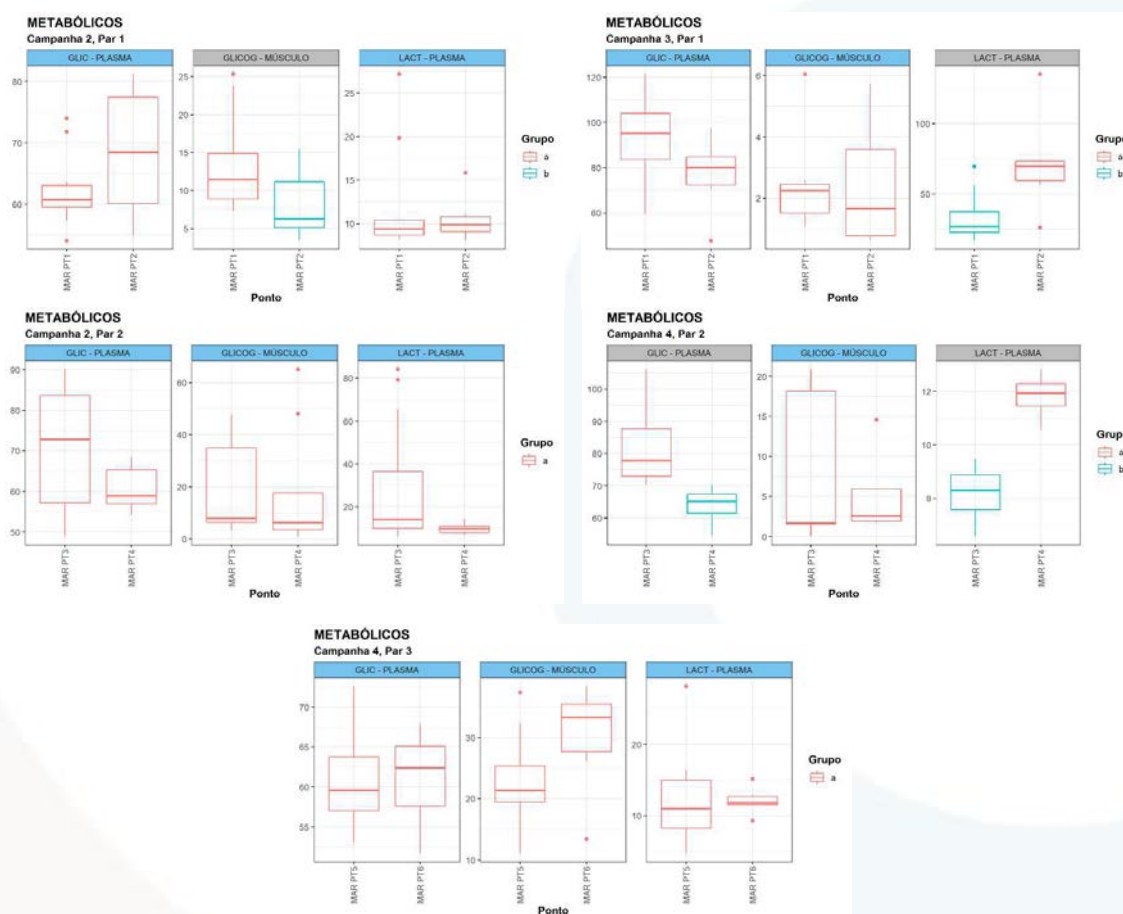
Figura 116. Comparação das respostas dos biomarcadores relacionados ao metabolismo energético entre os peixes capturados nos pontos próximos x distantes da costa (1x2; 3x4 e 5x6) em cada uma das campanhas amostrais



Letras e cores diferentes presentes na legenda de cada painel representam diferenças estatísticas (teste de Kruskal-Wallis, seguido de Dunn; $p < 0,05$). Traço (-) indica grupo não avaliado estatisticamente. GLIC - PLASMA: concentração de glicose plasmática (mg.dL^{-1}); GLICOG - MÚSCULO: concentração de glicogênio muscular ($\mu\text{mol glicosil-glicose.g de tecido úmido}^{-1}$); LACT - PLASMA: concentração de lactato plasmático (mg.dL^{-1}).

Os peixes pertencentes a ordem Siluriformes e capturados no ponto 2 apresentaram menor concentração de glicogênio muscular e maior concentração de lactato plasmático em relação aos peixes capturados no ponto 1 nas 2ª e 3ª campanhas, respectivamente. Para o par 2 não foram identificadas diferenças durante a 2ª campanha, no entanto, na 3ª campanha os peixes capturados no ponto 3 apresentaram maior concentração de glicose e menor de lactato plasmáticos do que os peixes do ponto 4. Para o par 3 não foram observadas diferenças nas respostas dos biomarcadores (Figura 117).

Figura 117. Comparação das respostas dos biomarcadores relacionados ao metabolismo energético entre os peixes, da ordem Siluriformes, capturados nos pontos próximos x distantes da costa (1x2; 3x4 e 5x6) em cada uma das campanhas amostrais

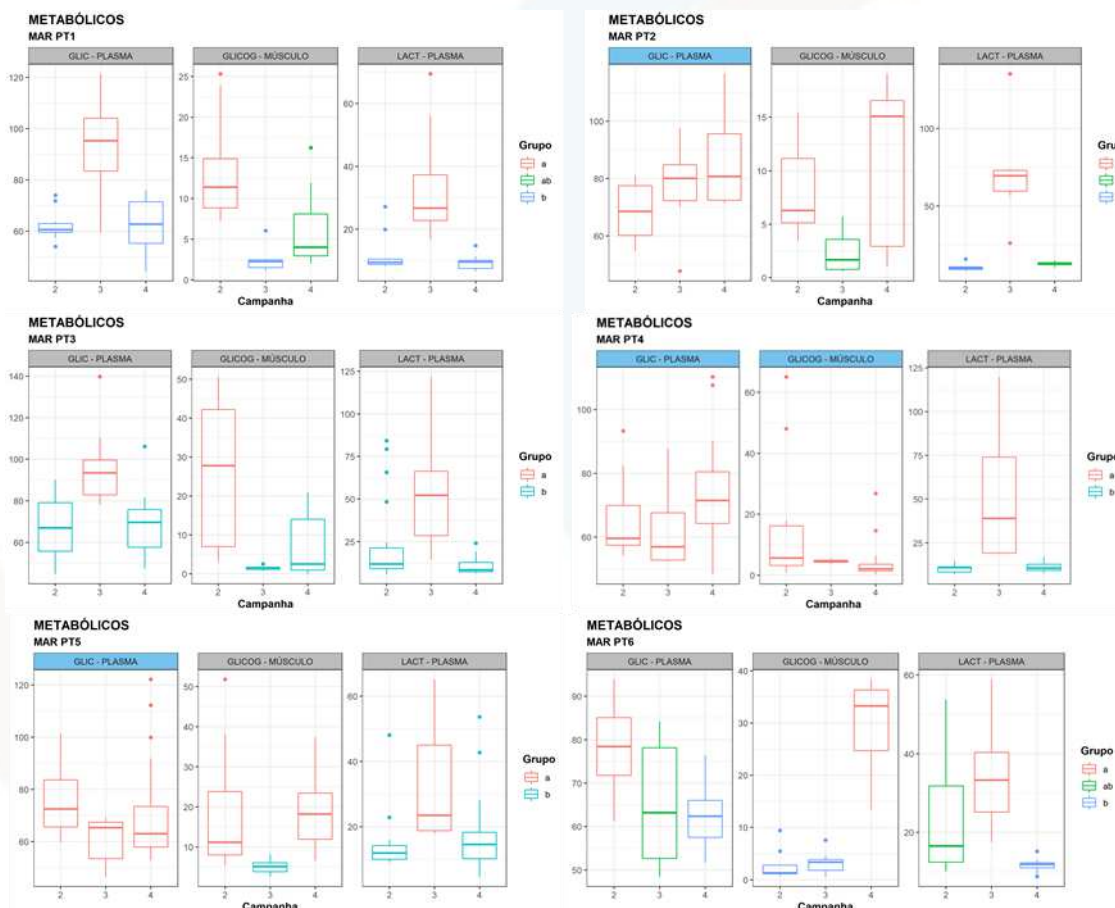


Letras e cores diferentes presentes na legenda de cada painel representam diferenças estatísticas (teste de Kruskal-Wallis, seguido de Dunn; $p < 0,05$). Traço (-) indica grupo não avaliado estatisticamente. GLIC - PLASMA: concentração de glicose plasmática (mg.dL^{-1}); GLICOG - MÚSCULO: concentração de glicogênio muscular ($\mu\text{mol glicosil-glicose.g de tecido úmido}^{-1}$); LACT - PLASMA: concentração de lactato plasmático (mg.dL^{-1}).

Comparação temporal (entre as campanhas amostrais)

O metabolismo energético dos peixes coletados, ao longo das campanhas, nos pontos próximos da costa (1, 3 e 5) apresentou similaridade nas respostas, sendo observado nos peixes destes pontos, na 3ª campanha, as maiores concentrações plasmáticas de glicose e/ou lactato e, os menores níveis de glicogênio muscular. Nas 2ª e 4ª campanhas ocorreu o inverso, ou seja, menores concentrações plasmáticas de glicose e lactato e maiores níveis de glicogênio muscular. Os peixes capturados nos pontos distantes da costa (2, 4 e 6) também apresentaram maior concentração plasmática de lactato na 3ª campanha, no entanto, os peixes capturados nos pontos 2 e 4 não apresentaram diferença na concentração de glicose plasmática, enquanto que nos peixes capturados no ponto 6 foi observada redução na concentração plasmática de glicose ao longo das campanhas, com o menor valor sendo observado na 4ª campanha. Para o glicogênio muscular não foram observadas diferenças para os peixes capturados no ponto 4 ao longo das campanhas, enquanto que nos peixes capturados nos pontos 2 e 6 as menores concentrações de glicogênio foram encontradas na 3ª e na 2ª e 3ª campanhas, respectivamente (Figura 118).

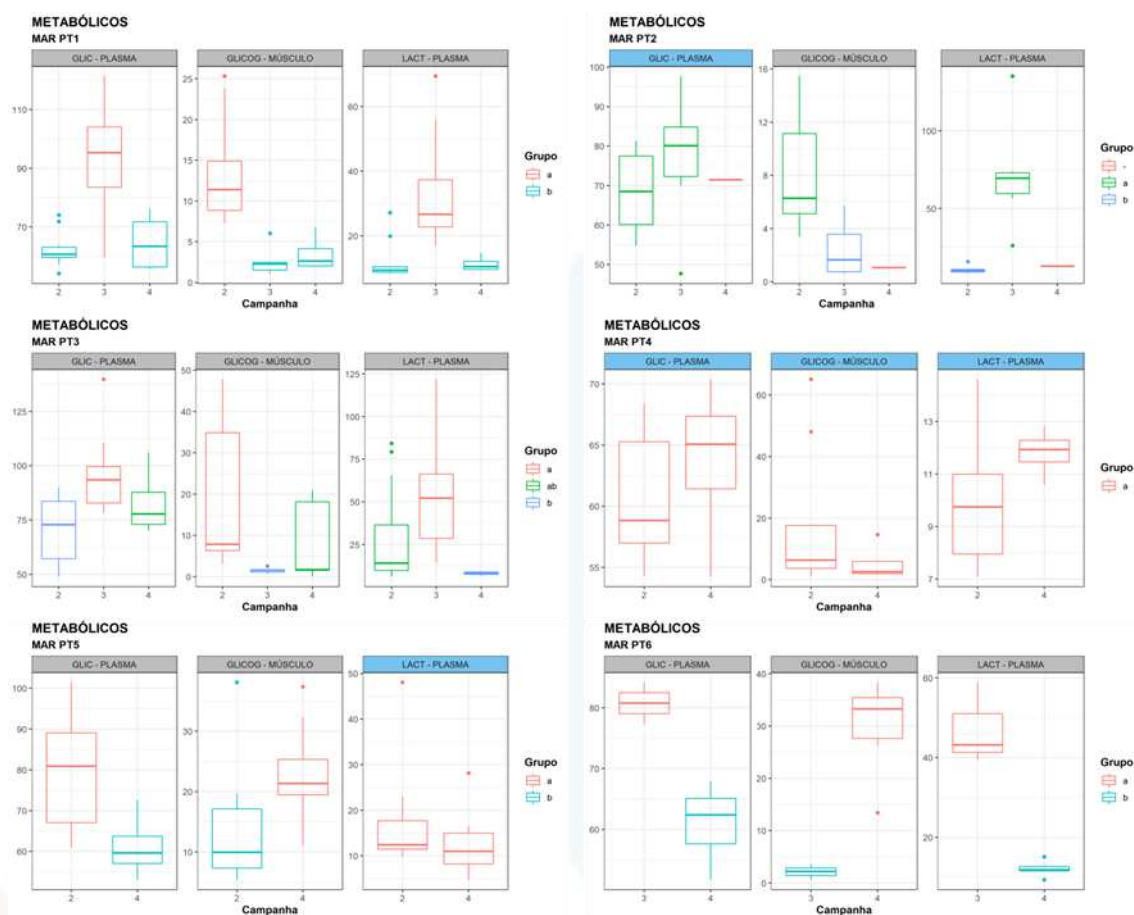
Figura 118. Comparação das respostas dos biomarcadores relacionados ao metabolismo energético dos peixes capturados em cada um dos pontos ao longo das campanhas amostrais (comparação temporal)



Letras e cores diferentes presentes na legenda de cada painel representam diferenças estatísticas (teste de Kruskal-Wallis, seguido de Dunn; $p < 0,05$). Traço (-) indica grupo não avaliado estatisticamente. GLIC - PLASMA: concentração de glicose plasmática (mg.dL^{-1}); GLICOG - MÚSCULO: concentração de glicogênio muscular ($\mu\text{mol glicosil-glicose.g de tecido úmido}^{-1}$); LACT - PLASMA: concentração de lactato plasmático (mg.dL^{-1}).

Os peixes pertencentes a ordem Siluriformes apresentaram respostas semelhantes às descritas para todos os peixes do compartimento 5, porém, destaca-se que os peixes capturados no ponto 5, de maneira diferente ao observado para o conjunto de todos os peixes, apresentaram maior concentração de glicose plasmática e menor de glicogênio muscular na 2ª campanha em comparação àqueles capturados na 4ª campanha (Figura 119).

Figura 119. Comparação das respostas dos biomarcadores relacionados ao metabolismo energético dos peixes, da ordem Siluriformes, capturados em cada um dos pontos ao longo das campanhas amostrais (comparação temporal)



Letras e cores diferentes presentes na legenda de cada painel representam diferenças estatísticas (teste de Kruskal-Wallis, seguido de Dunn; $p < 0,05$). Traço (-) indica grupo não avaliado estatisticamente. GLIC - PLASMA: concentração de glicose plasmática (mg.dL^{-1}); GLICOG - MÚSCULO: concentração de glicogênio muscular ($\mu\text{mol glicosil-glicose.g de tecido úmido}^{-1}$); LACT - PLASMA: concentração de lactato plasmático (mg.dL^{-1}).

3.1.2.4.4. Prejuízos à estrutura e função reprodutiva (biomarcador: histopatologia de gônadas)

Não foram identificadas alterações morfológicas nas gônadas e nas células das linhagens germinativas (ovogênese e espermatogênese) dos peixes capturados nos pontos do compartimento 5, independentemente da distância da costa e da campanha avaliada. Algumas espécies, inclusive, apresentaram-se em atividade reprodutiva. Pranchas com as imagens das gônadas analisadas, em cada um dos pontos ao longo das campanhas, encontram-se apresentadas no ANEXO 4 do presente relatório.

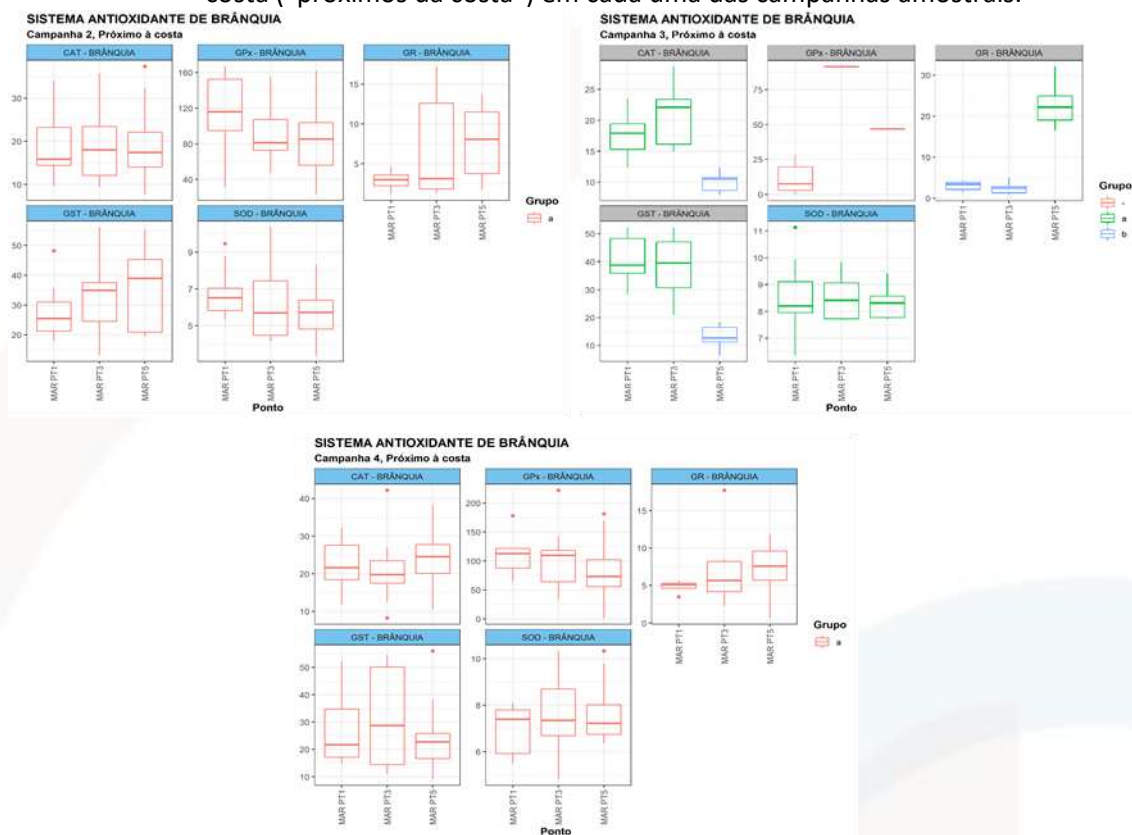
3.1.2.4.5. Alterações nos sistemas antioxidante e de biotransformação branquial e hepático (biomarcadores: CAT, SOD, GPx e GST)

Pontos próximos da costa (5 km – pontos 1,3 e 5)

Brânquias

Os biomarcadores dos sistemas antioxidante e de biotransformação, avaliados no tecido branquial, diferiram apenas na 3ª campanha, na qual os peixes capturados no ponto 5 apresentaram menor atividade das enzimas CAT e GST e maior atividade da enzima GR do que os peixes dos pontos 1 e 3 (Figura 120).

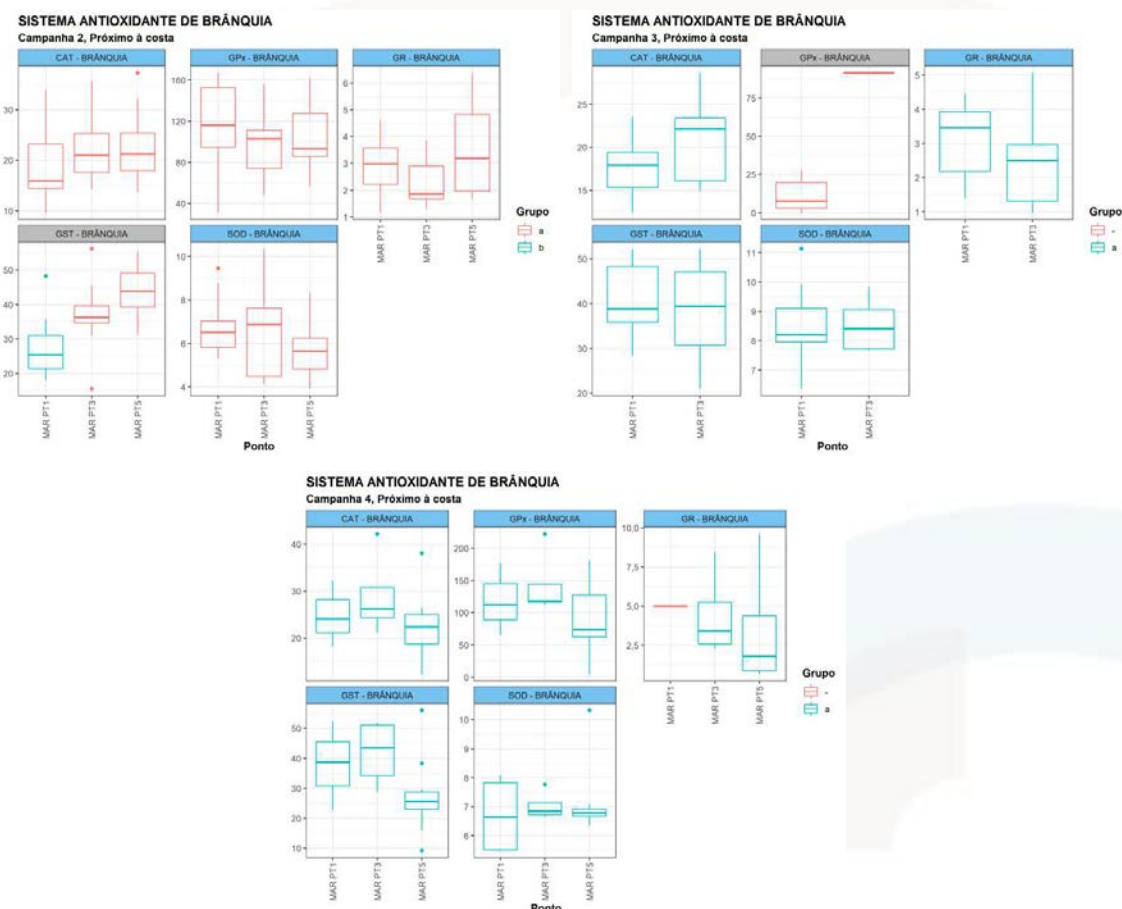
Figura 120. Comparação das respostas dos biomarcadores dos sistemas antioxidante e de biotransformação (brânquias) entre os peixes capturados nos pontos 1, 3 e 5, localizados a 5 km da costa (“próximos da costa”) em cada uma das campanhas amostrais.



Letras e cores diferentes apresentadas na legenda de cada painel de gráficos representam diferença estatística (teste de Kruskal-Wallis, seguido de Dunn; $p < 0,05$). Traço (-) indica grupo não avaliado estatisticamente. SOD - BRÂNQUIA: superóxido dismutase em tecido branquial ($\text{U. mg de proteína}^{-1}$); CAT - BRÂNQUIA: catalase em tecido branquial ($\mu\text{mol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$); GPx - BRÂNQUIA: glutathione peroxidase em tecido branquial ($\text{nmol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$); GST - BRÂNQUIA: glutathione S-transferase em tecido branquial ($\text{nmol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$); GR - BRÂNQUIA: glutathione reductase em tecido branquial ($\text{nmol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$).

Os peixes pertencentes a ordem Siluriformes que foram capturados no ponto 1 apresentaram, durante a 2ª campanha, menor atividade da GST em comparação com a atividade desta enzima apresentada pelos peixes capturados nos pontos 3 e 5 (Figura 121).

Figura 121. Comparação das respostas dos biomarcadores dos sistemas antioxidante e de biotransformação (brânquias) entre os peixes, da ordem Siluriformes, capturados nos pontos 1, 3 e 5, localizados a 5 km da costa (“próximos da costa”) em cada uma das campanhas amostrais.



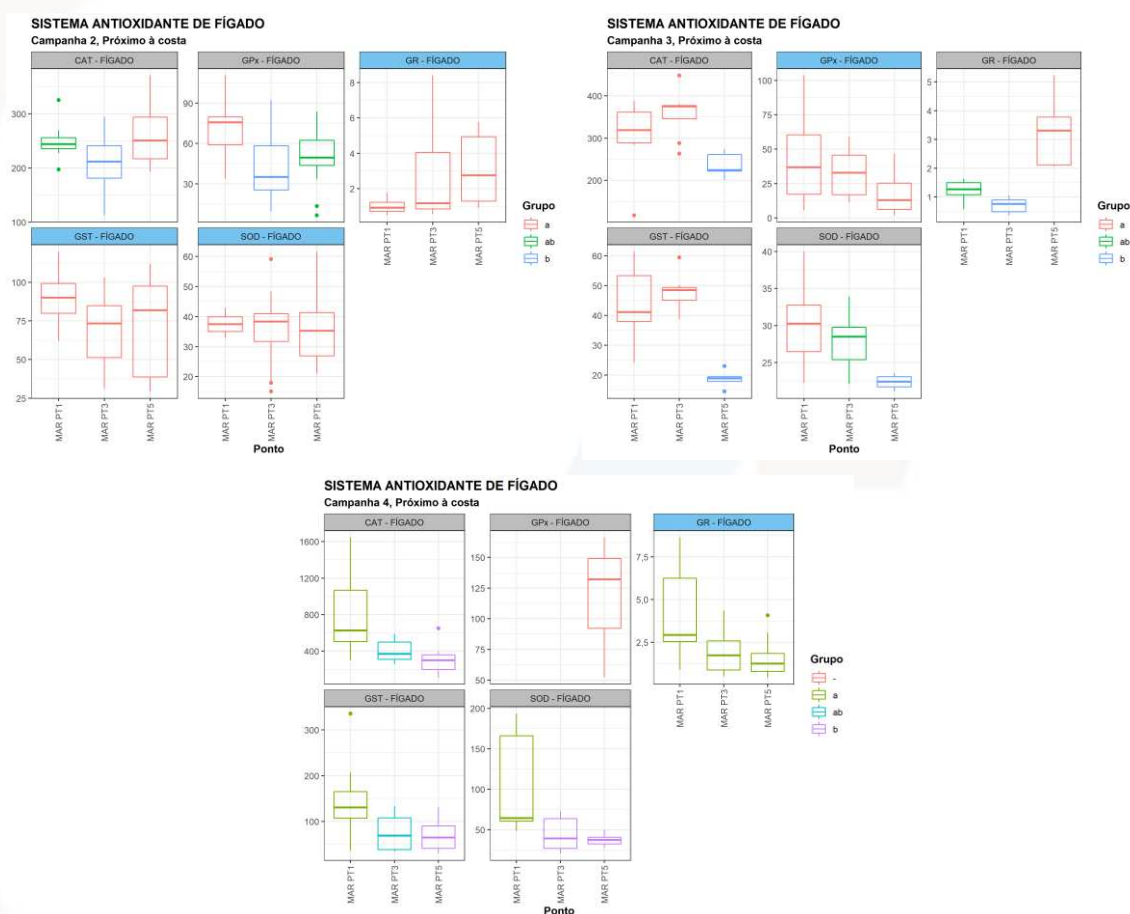
Letras e cores diferentes apresentadas na legenda de cada painel de gráficos representam diferença estatística (teste de Kruskal-Wallis, seguido de Dunn; $p < 0,05$). Traço (-) indica grupo não avaliado estatisticamente. SOD - BRÂNQUIA: superóxido dismutase em tecido branquial ($\text{U. mg de proteína}^{-1}$); CAT - BRÂNQUIA: catalase em tecido branquial ($\mu\text{mol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$); GPx - BRÂNQUIA: glutathione peroxidase em tecido branquial ($\text{nmol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$); GST - BRÂNQUIA: glutathione S-transferase em tecido branquial ($\text{nmol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$); GR - BRÂNQUIA: glutathione reductase em tecido branquial ($\text{nmol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$).

Fígado

Diferente do observado nos biomarcadores enzimáticos dos sistemas antioxidante e de biotransformação branquial, no tecido hepático pelo menos dois biomarcadores apresentaram diferenças de respostas entre os pontos próximos da costa nas três campanhas avaliadas (2ª, 3ª e 4ª). Na 2ª campanha, embora a atividade da SOD não tenha apresentado diferenças entre os peixes dos pontos avaliados e, sendo está a enzima responsável pela produção do H_2O_2 que é degradado pelas enzimas CAT e GPx, observou-se que estas duas enzimas, CAT e GPx apresentaram diferentes atividades nos peixes dos pontos amostrais avaliados. Assim, nota-se que os peixes capturados no ponto 3 apresentaram menor atividade da CAT e GPx em relação aos peixes capturados nos pontos 5 e 1, respectivamente. Na 3ª campanha os peixes capturados no ponto 5 apresentaram menor atividade

das enzimas CAT e GST do que os peixes capturados nos pontos 1 e 3 e maior atividade da GR em relação aos peixes capturados no ponto 3, bem como da SOD em relação aos peixes capturados no ponto 1, sendo a GPx o único biomarcador sem diferença entre os peixes capturados nos três pontos amostrais. Na 4ª campanha os peixes capturados no ponto 1 apresentaram maior atividade das enzimas CAT e GST em relação aos peixes capturados no ponto 5. Adicionalmente, os peixes capturados no ponto 1 apresentaram maior atividade da SOD em comparação aos peixes capturados nos pontos 3 e 5 (Figura 122).

Figura 122. Comparação das respostas dos biomarcadores dos sistemas antioxidante e de biotransformação (fígado) entre os peixes capturados nos pontos 1, 3 e 5, localizados a 5 km da costa (“próximos da costa”) em cada uma das campanhas amostrais.

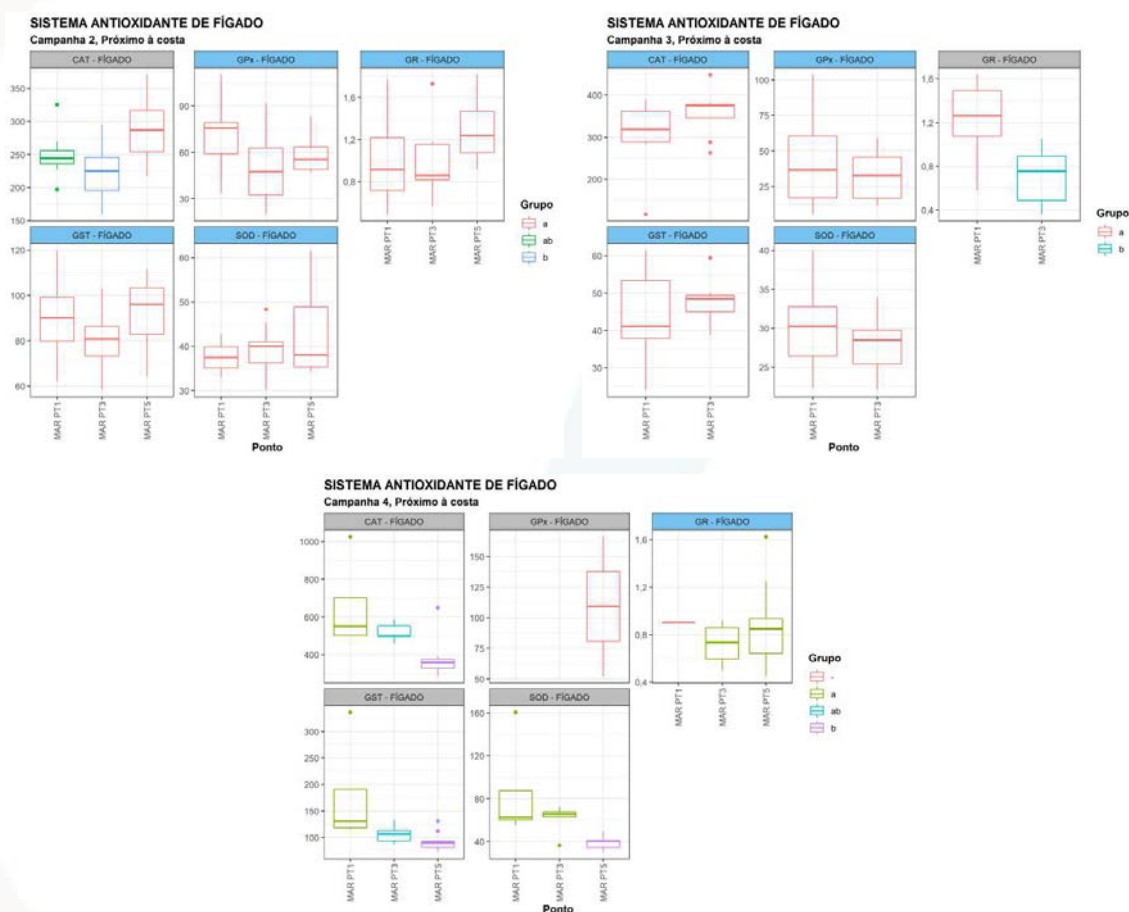


Letras e cores diferentes apresentadas na legenda de cada painel de gráficos representam diferença estatística (teste de Kruskal-Wallis, seguido de Dunn; $p < 0,05$). Traço (-) indica grupo não avaliado estatisticamente. SOD - FÍGADO: superóxido dismutase em tecido hepático (U. mg de proteína⁻¹); CAT - FÍGADO: catalase em tecido hepático ($\mu\text{mol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$); GPx - FÍGADO: glutathione peroxidase em tecido hepático ($\text{nmol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$); GST - FÍGADO: glutathione S-transferase em tecido hepático ($\text{nmol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$); GR - FÍGADO: glutathione redutase em tecido hepático ($\text{nmol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$).

A análises das respostas apresentadas pelos peixes pertencentes a ordem Siluriformes demonstrou que as alterações observadas nos biomarcadores dos sistemas antioxidante e de

biotransformação hepáticos foram bastante semelhantes às alterações constatadas para todos os peixes capturados, ou seja, menor atividade da CAT nos Siluriformes capturados no ponto 3 em relação àqueles capturados no ponto 5 na 2ª campanha; menor atividade da GR nos peixes capturados no ponto 3 em relação aos peixes capturados no ponto 1 na 3ª campanha; maior atividade da SOD e CAT nos peixes capturados no ponto 1 em comparação aos peixes capturados no ponto 5 e, maior atividade da SOD nos peixes capturados no ponto 3 em relação aos peixes capturados no ponto 5 na 4ª campanha (Figura 123).

Figura 123. Comparação das respostas dos biomarcadores dos sistemas antioxidante e de biotransformação (fígado) entre os peixes, da ordem Siluriformes, capturados nos pontos 1, 3 e 5, localizados a 5 km da costa (“próximos da costa”) em cada uma das campanhas amostrais.



Letras e cores diferentes apresentadas na legenda de cada painel de gráficos representam diferença estatística (teste de Kruskal-Wallis, seguido de Dunn; $p < 0,05$). Traço (-) indica grupo não avaliado estatisticamente. SOD - FÍGADO: superóxido dismutase em tecido hepático (U. mg de proteína⁻¹); CAT - FÍGADO: catalase em tecido hepático ($\mu\text{mol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$); GPx - FÍGADO: glutathione peroxidase em tecido hepático ($\text{nmol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$); GST - FÍGADO: glutathione S-transferase em tecido hepático ($\text{nmol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$); GR - FÍGADO: glutathione reductase em tecido hepático ($\text{nmol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$).

Pontos distantes da costa (20 km – pontos 2, 4 e 6)

Brânquias

A análise das respostas dos biomarcadores branquiais dos sistemas antioxidante e de biotransformação revelou que, na 2ª campanha, os peixes capturados nos pontos 4 e 6 apresentaram menor atividade da CAT em comparação à atividade apresentada pelos peixes capturados no ponto 2; os peixes capturados no ponto 4 apresentaram menor atividade da GR e os peixes capturados no ponto 2 menor atividade da SOD em comparação às atividades destas enzimas determinadas em peixes capturados no ponto 6. Na 3ª campanha, os peixes capturados no ponto 2 apresentaram menor atividade da SOD em relação aos peixes capturados no ponto 4; os peixes capturados no ponto 4 apresentaram menor atividade das enzimas CAT e GST que os peixes capturados no ponto 2 e, os peixes capturados no ponto 6 apresentaram menor atividade da GR em comparação aos peixes capturados no ponto 4. Na 4ª campanha apenas os peixes capturados no ponto 6 apresentaram maior atividade da SOD em comparação aos peixes capturados no ponto 2 (Figura 124).

Figura 124. Comparação das respostas dos biomarcadores dos sistemas antioxidante e de biotransformação (brânquias) entre os peixes capturados nos pontos 2, 4 e 6, localizados a 20 km da costa (“distantes da costa”) em cada uma das campanhas amostrais.

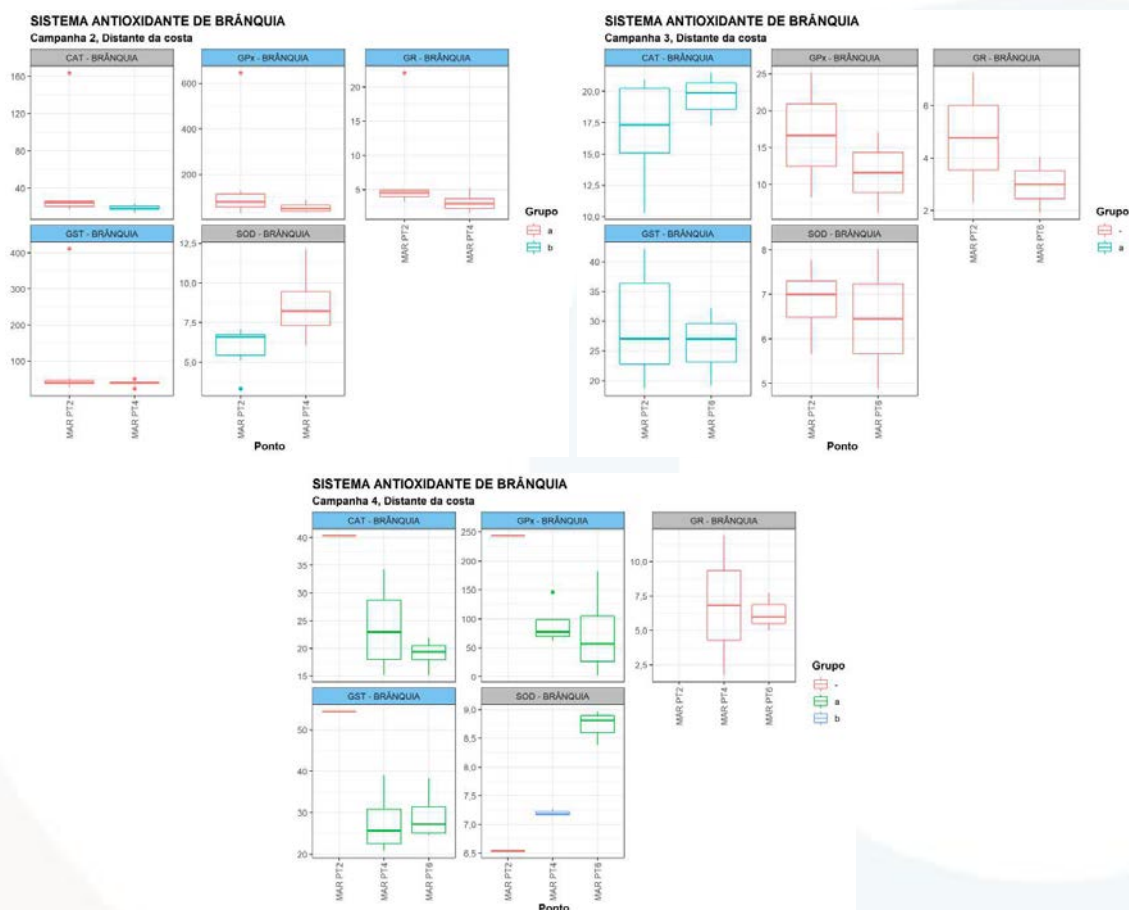


Letras e cores diferentes apresentadas na legenda de cada painel de gráficos representam diferença estatística (teste de Kruskal-Wallis, seguido de Dunn; $p < 0,05$). Traço (-) indica grupo não avaliado estatisticamente. SOD -

BRÂNQUIA: superóxido dismutase em tecido branquial (U. mg de proteína⁻¹); CAT - BRÂNQUIA: catalase em tecido branquial (μmol. min⁻¹.mg de proteína⁻¹); GPx - BRÂNQUIA: glutathione peroxidase em tecido branquial (nmol. min⁻¹.mg de proteína⁻¹); GST - BRÂNQUIA: glutathione S-transferase em tecido branquial (nmol. min⁻¹.mg de proteína⁻¹); GR - BRÂNQUIA: glutathione redutase em tecido branquial (nmol. min⁻¹.mg de proteína⁻¹).

Os peixes da ordem Siluriformes que foram capturados no ponto 4 apresentaram, na 2ª campanha, menor atividade da CAT e maior atividade da SOD quando comparados aos Siluriformes capturados no ponto 2. Na 3ª campanha não foram observadas diferenças, no entanto, na 4ª campanha os Siluriformes capturados no ponto 6 apresentaram maior atividade da SOD que os peixes capturados no ponto 4 (Figura 125).

Figura 125. Comparação das respostas dos biomarcadores dos sistemas antioxidante e de biotransformação (brânquias) entre os peixes, da ordem Siluriformes, capturados nos pontos 2, 4 e 6, localizados a 20 km da costa (“distantes da costa”) em cada uma das campanhas amostrais.

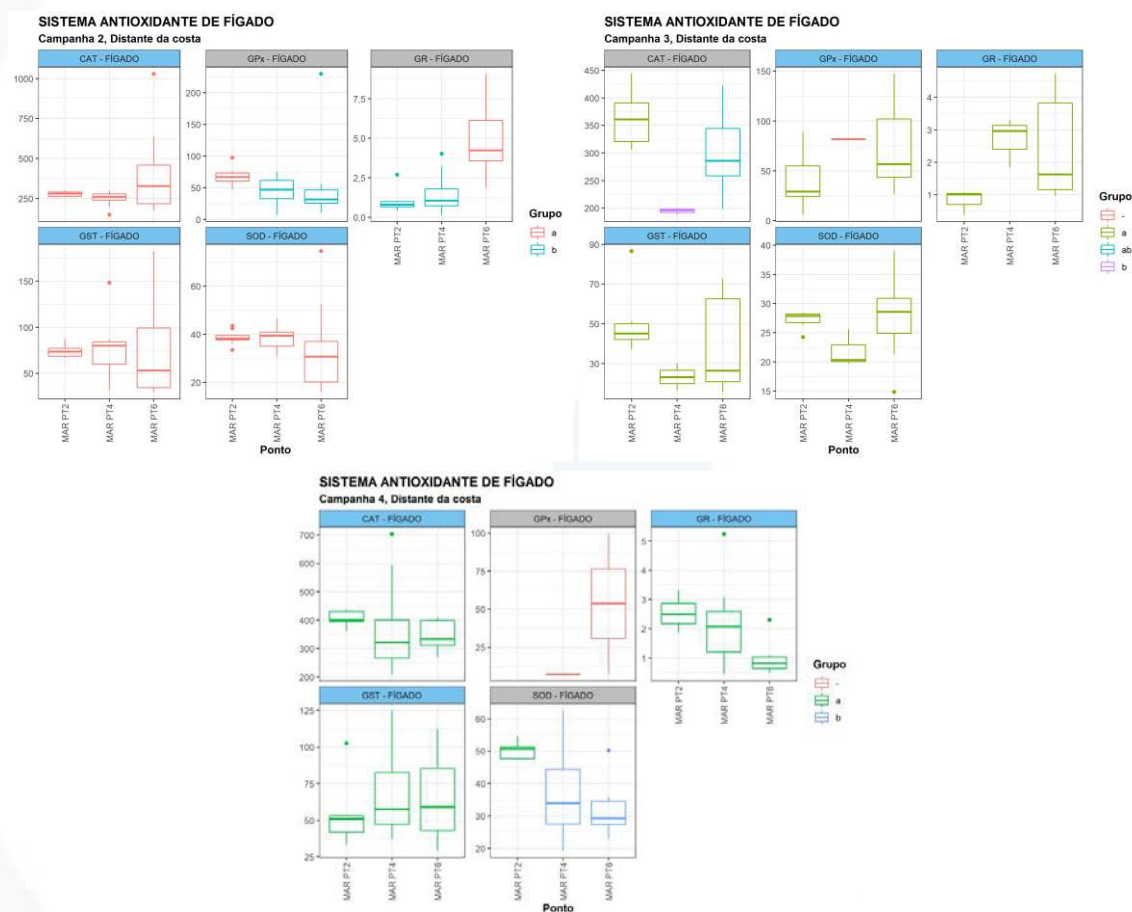


Letras e cores diferentes apresentadas na legenda de cada painel de gráficos representam diferença estatística (teste de Kruskal-Wallis, seguido de Dunn; $p < 0,05$). Traço (-) indica grupo não avaliado estatisticamente. SOD - BRÂNQUIA: superóxido dismutase em tecido branquial (U. mg de proteína⁻¹); CAT - BRÂNQUIA: catalase em tecido branquial (μmol. min⁻¹.mg de proteína⁻¹); GPx - BRÂNQUIA: glutathione peroxidase em tecido branquial (nmol. min⁻¹.mg de proteína⁻¹); GST - BRÂNQUIA: glutathione S-transferase em tecido branquial (nmol. min⁻¹.mg de proteína⁻¹); GR - BRÂNQUIA: glutathione redutase em tecido branquial (nmol. min⁻¹.mg de proteína⁻¹).

Fígado

A análise dos biomarcadores hepáticos relacionados com os sistemas antioxidante e de biotransformação revelou que, na 2ª campanha os peixes capturados nos pontos 4 e 6 apresentaram menor atividade da GPx e maior atividade de GR que as apresentadas pelos peixes capturados nos pontos 2 e 4. Na 3ª campanha apenas a atividade da CAT apresentou diferença, sendo menor nos peixes capturados no ponto 4 em relação aos peixes capturados no ponto 2. Na 4ª campanha os peixes capturados no ponto 2 apresentaram maior atividade da SOD que os peixes capturados no ponto 4 (Figura 126).

Figura 126. Comparação das respostas dos biomarcadores dos sistemas antioxidante e de biotransformação (fígado) entre os peixes capturados nos pontos 2, 4 e 6, localizados a 20 km da costa ("distantes da costa") em cada uma das campanhas amostrais.

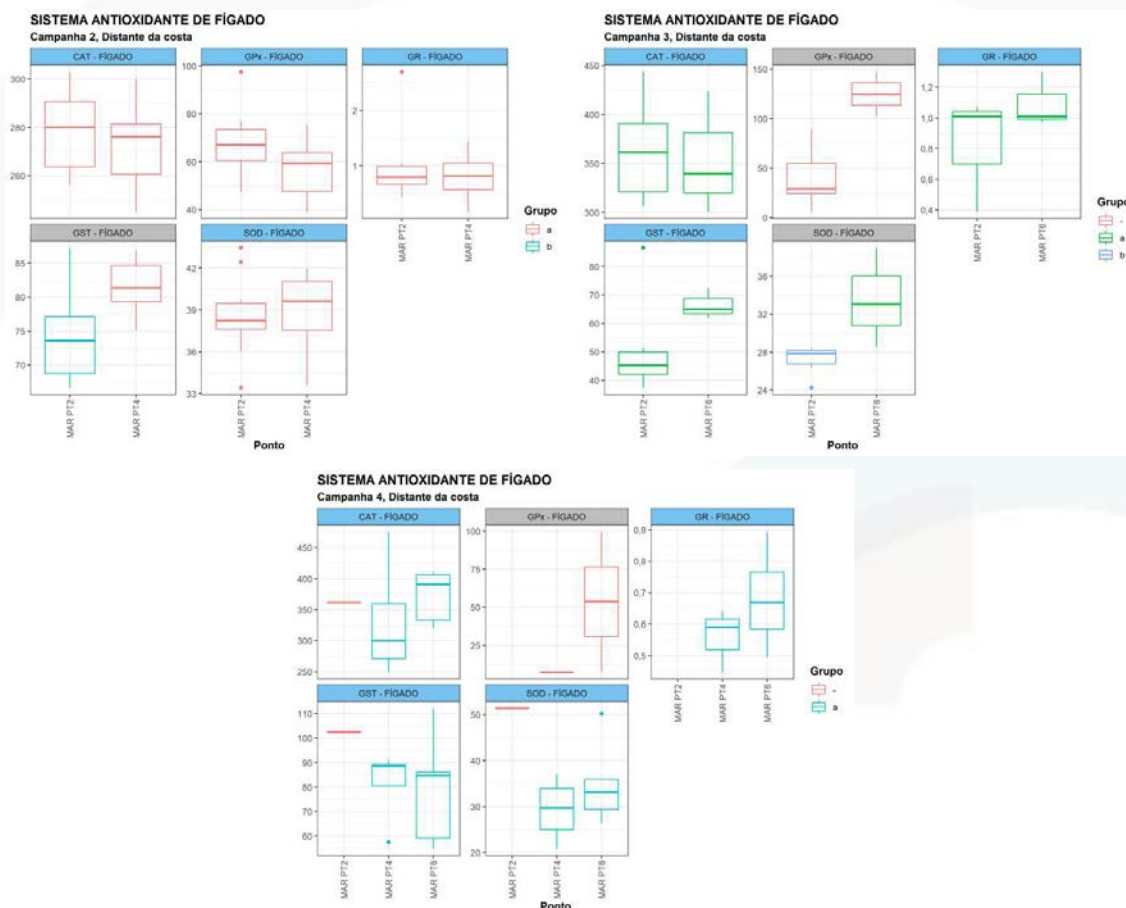


Letras e cores diferentes apresentadas na legenda de cada painel de gráficos representam diferença estatística (teste de Kruskal-Wallis, seguido de Dunn; $p < 0,05$). Traço (-) indica grupo não avaliado estatisticamente. SOD - FÍGADO: superóxido dismutase em tecido hepático (U. mg de proteína⁻¹); CAT - FÍGADO: catalase em tecido hepático ($\mu\text{mol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$); GPx - FÍGADO: glutathione peroxidase em tecido hepático ($\text{nmol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$); GST - FÍGADO: glutathione S-transferase em tecido hepático ($\text{nmol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$); GR - FÍGADO: glutathione reductase em tecido hepático ($\text{nmol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$).

Os peixes pertencentes a ordem Siluriformes e capturados no ponto 2 apresentaram, durante a 2ª campanha, maior atividade da GST que os peixes capturados no ponto 4. Na 3ª campanha, os

peixes capturados no ponto 6 apresentaram maior atividade da SOD que os peixes capturados no ponto 2. Na 4ª campanha não foram observadas diferenças entre os pontos (Figura 127).

Figura 127. Comparação das respostas dos biomarcadores dos sistemas antioxidante e de biotransformação (fígado) entre os peixes, da ordem Siluriformes, capturados nos pontos 2, 4 e 6, localizados a 20 km da costa (“distantes da costa”) em cada uma das campanhas amostrais.



Letras e cores diferentes apresentadas na legenda de cada painel de gráficos representam diferença estatística (teste de Kruskal-Wallis, seguido de Dunn; $p < 0,05$). Traço (-) indica grupo não avaliado estatisticamente. SOD - FÍGADO: superóxido dismutase em tecido hepático (U. mg de proteína⁻¹); CAT - FÍGADO: catalase em tecido hepático ($\mu\text{mol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$); GPx - FÍGADO: glutathione peroxidase em tecido hepático ($\text{nmol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$); GST - FÍGADO: glutathione S-transferase em tecido hepático ($\text{nmol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$); GR - FÍGADO: glutathione redutase em tecido hepático ($\text{nmol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$).

Pares de pontos (próximos x distantes da costa, ou seja, 1x2; 3x4 e 5x6)

Brânquias

A comparação das respostas antioxidantes e de biotransformações nas brânquias dos peixes pertencentes aos pontos 1 e 2 (par 1) revelou que, na 2ª campanha, a atividade das enzimas CAT e GST foram menores nos peixes do ponto 1; na 3ª campanha os peixes do ponto 1 apresentaram maior atividade da GST e da SOD e, na 4ª campanha os peixes capturados no ponto 1 apresentaram menor atividade da GR em comparação aos peixes capturados no ponto 2. Para o par 2, observou-se que, na 2ª campanha, os peixes capturados no ponto 3 apresentaram maior atividade da GPx e menor

atividade da SOD; na 3ª campanha maior atividade da CAT e GST e menor atividade da GR em relação ao observado para os peixes capturados no ponto 4, mas, na 4ª campanha não foram observadas diferenças. Para o par 3 observou-se que, na 2ª campanha, os peixes capturados no ponto 5 apresentaram maior atividade da GPx e menor atividade da GR e SOD; na 3ª campanha menor atividade da CAT e maior atividade da GR e, na 4ª campanha menor atividade da SOD que os peixes capturados no ponto 6 (Figura 128).

Figura 128. Comparação das respostas dos biomarcadores dos sistemas antioxidante e de biotransformação (brânquias) entre os peixes capturados nos pontos próximos x distantes da costa (1x2; 3x4 e 5x6) em cada uma das campanhas amostrais





Letras e cores diferentes apresentadas na legenda de cada painel de gráficos representam diferença estatística (teste de Kruskal-Wallis, seguido de Dunn; $p < 0,05$). Traço (-) indica grupo não avaliado estatisticamente. SOD - BRÂNQUIA: superóxido dismutase em tecido branquial ($U. mg$ de proteína $^{-1}$); CAT - BRÂNQUIA: catalase em tecido branquial ($\mu mol. min^{-1}.mg$ de proteína $^{-1}$); GPx - BRÂNQUIA: glutathione peroxidase em tecido branquial ($nmol. min^{-1}.mg$ de proteína $^{-1}$); GST - BRÂNQUIA: glutathione S-transferase em tecido branquial ($nmol. min^{-1}.mg$ de proteína $^{-1}$); GR - BRÂNQUIA: glutathione redutase em tecido branquial ($nmol. min^{-1}.mg$ de proteína $^{-1}$).

A análise das respostas dos peixes pertencentes a ordem Siluriformes demonstrou que para o par 1 as respostas observadas na 2ª e 3ª campanhas foram similares àquelas observadas na avaliação conjunta de todos os peixes capturados nestes pontos. Para o par 2 observou-se que, na 2ª campanha, os peixes capturados no ponto 3 apresentaram maior atividade da GPx e menor atividade da SOD em relação ao observado para os peixes capturados no ponto 4. Na 4ª campanha os resultados observados para os peixes dos pares 2 e 3 não apresentaram diferenças (Figura 129).

Figura 129. Comparação das respostas dos biomarcadores dos sistemas antioxidante e de biotransformação (brânquias) entre os peixes, da ordem Siluriformes, capturados nos pontos próximos x distantes da costa (1x2; 3x4 e 5x6) em cada uma das campanhas amostrais



Letras e cores diferentes apresentadas na legenda de cada painel de gráficos representam diferença estatística (teste de Kruskal-Wallis, seguido de Dunn; $p < 0,05$). Traço (-) indica grupo não avaliado estatisticamente. SOD - BRÂNQUIA: superóxido dismutase em tecido branquial ($U. mg$ de proteína⁻¹); CAT - BRÂNQUIA: catalase em tecido branquial ($\mu mol. min^{-1}.mg$ de proteína⁻¹); GPx - BRÂNQUIA: glutathione peroxidase em tecido branquial ($nmol. min^{-1}.mg$ de proteína⁻¹); GST - BRÂNQUIA: glutathione S-transferase em tecido branquial ($nmol. min^{-1}.mg$ de proteína⁻¹); GR - BRÂNQUIA: glutathione redutase em tecido branquial ($nmol. min^{-1}.mg$ de proteína⁻¹).

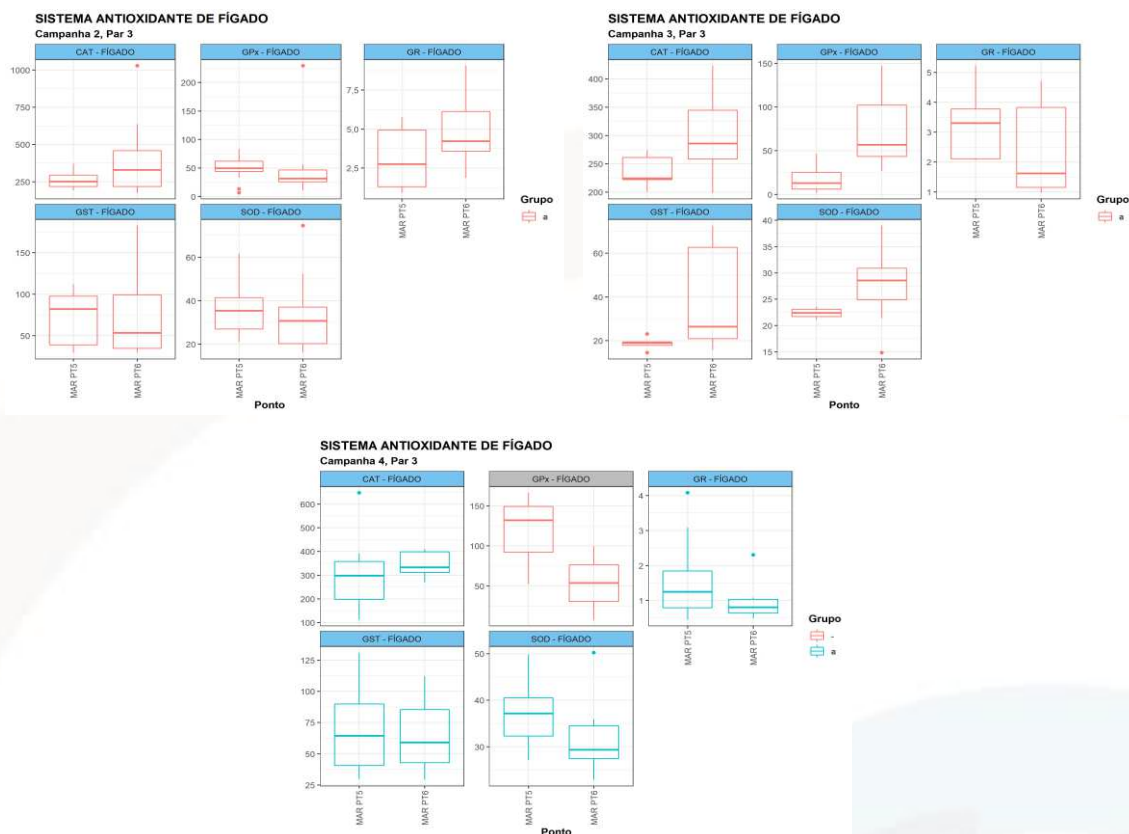
Fígado

Avaliando os biomarcadores enzimáticos dos sistemas antioxidante e de biotransformação no tecido hepático observou-se que, na 2ª campanha, os peixes capturados no ponto 1 apresentaram

menor atividade da CAT e maior atividade da GST em comparação aos peixes capturados no ponto 2. Na 3ª campanha não foram evidenciadas diferenças nas respostas. Na 4ª campanha os peixes capturados no ponto 1 apresentaram maior atividade da SOD, CAT e GST que os peixes capturados no ponto 2. Para o par 3 observou-se que, na 2ª campanha, os peixes capturados no ponto 3 apresentaram menor atividade da CAT; na 3ª campanha maior atividade da SOD, CAT e GST e menor atividade da GR que os peixes capturados no ponto 4, enquanto na 4ª campanha não foram observadas diferenças. Para o par 3 nenhuma diferença foi identificada (Figura 130).

Figura 130. Comparação das respostas dos biomarcadores dos sistemas antioxidante e de biotransformação (fígado) entre os peixes capturados nos pontos próximos x distantes da costa (1x2; 3x4 e 5x6) em cada uma das campanhas amostrais





Letras e cores diferentes apresentadas na legenda de cada painel de gráficos representam diferença estatística (teste de Kruskal-Wallis, seguido de Dunn; $p < 0,05$). Traço (-) indica grupo não avaliado estatisticamente. SOD - FÍGADO: superóxido dismutase em tecido hepático (U. mg de proteína⁻¹); CAT - FÍGADO: catalase em tecido hepático ($\mu\text{mol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$); GPx - FÍGADO: glutathione peroxidase em tecido hepático ($\text{nmol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$); GST - FÍGADO: glutathione S-transferase em tecido hepático ($\text{nmol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$); GR - FÍGADO: glutathione redutase em tecido hepático ($\text{nmol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$).

A análise das respostas dos peixes pertencentes a ordem Siluriformes revelou que as respostas foram similares àquelas observadas na avaliação de todos os peixes capturados no compartimento 5, independentemente dos pares e campanhas avaliadas. No entanto, chamou a atenção as respostas dos Siluriformes do par 2 que, ao contrário do observado para todos os peixes, apresentaram, na 4ª campanha, maior atividade da SOD e CAT nos peixes captiurados no ponto 3 em relação aos peixes do ponto 4 (Figura 131).

Figura 131. Comparação das respostas dos biomarcadores dos sistemas antioxidante e de biotransformação (fígado) entre os peixes, da ordem Siluriformes, capturados nos pontos próximos x distantes da costa (1x2; 3x4 e 5x6) em cada uma das campanhas amostrais

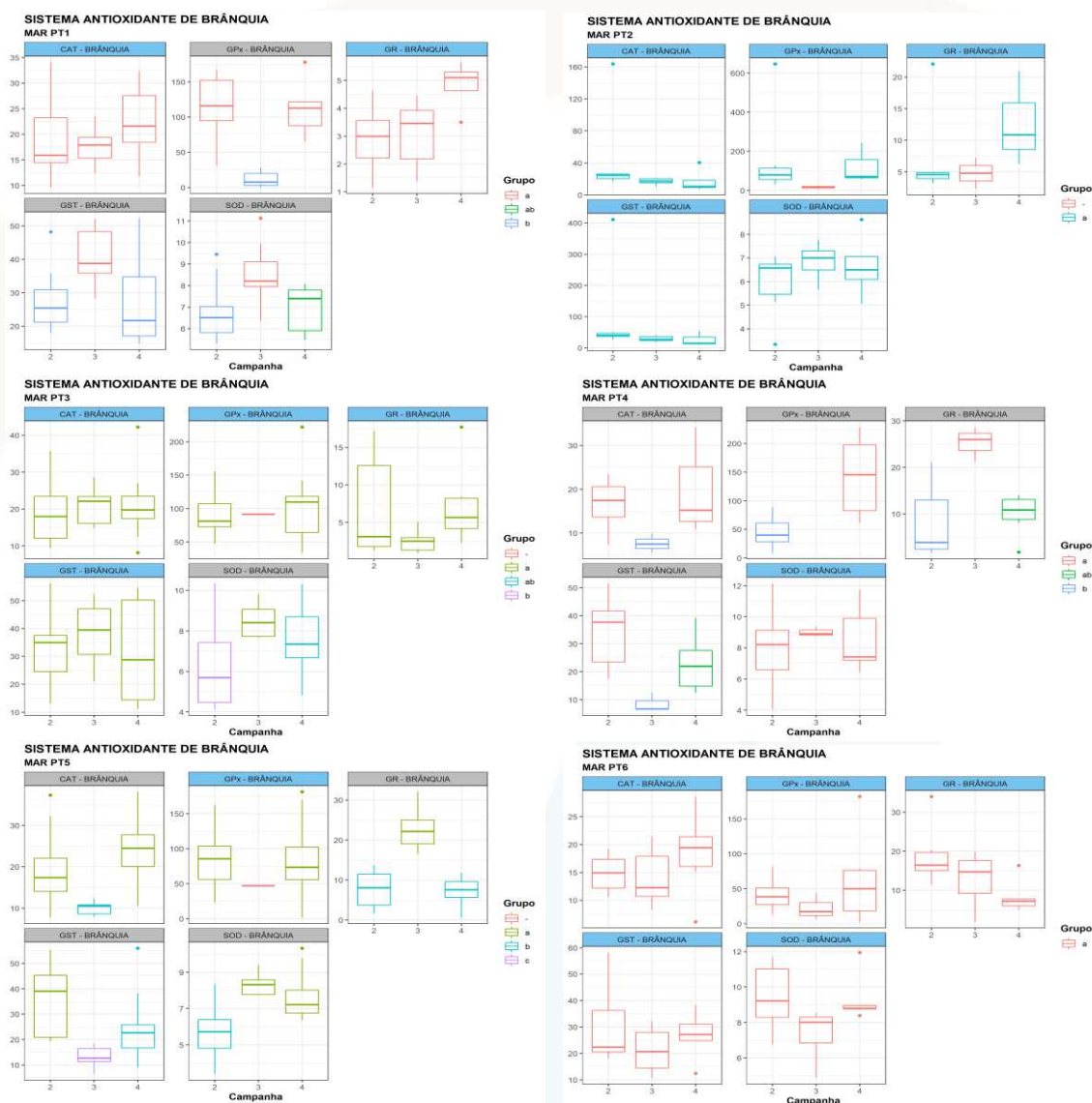


Letras e cores diferentes apresentadas na legenda de cada painel de gráficos representam diferença estatística (teste de Kruskal-Wallis, seguido de Dunn; $p < 0,05$). Traço (-) indica grupo não avaliado estatisticamente. SOD - FÍGADO: superóxido dismutase em tecido hepático (U. mg de proteína⁻¹); CAT - FÍGADO: catalase em tecido hepático ($\mu\text{mol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$); GPx - FÍGADO: glutathiona peroxidase em tecido hepático ($\text{nmol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$); GST - FÍGADO: glutathiona S-transferase em tecido hepático ($\text{nmol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$); GR - FÍGADO: glutathiona redutase em tecido hepático ($\text{nmol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$).

*Comparação temporal (entre as campanhas amostrais)**Brânquias*

Os biomarcadores branquiais dos sistemas antioxidante e de biotransformação não apresentaram diferenças ao longo das campanhas avaliadas para os peixes capturados nos pontos 2 e 6. Os peixes capturados no ponto 3 apresentaram diferenças apenas na atividade da SOD, a qual foi maior nos peixes capturados na 3ª campanha em relação àqueles capturados na 2ª campanha. Nos peixes capturados no ponto 1, na 3ª campanha, ocorreu a menor atividade da GPx e a maior atividade da GST e da SOD. Para os peixes capturados no ponto 4 a menor atividade das enzimas GPx e GR foi determinada na 2ª campanha e, das enzimas CAT e da GST na 3ª campanha em comparação às atividades enzimáticas determinadas nas brânquias dos peixes capturados nas 3ª e 4ª campanhas, respectivamente. Para os peixes capturados no ponto 5, na 3ª campanha, observou-se a menor atividade das enzimas CAT e GST e a maior atividade da GR, enquanto a atividade da enzima SOD foi maior nas campanhas 3 e 4 (Figura 132).

Figura 132. Comparação das respostas dos biomarcadores dos sistemas antioxidante e de biotransformação (brânquias) dos peixes capturados em cada um dos pontos ao longo das campanhas amostrais (comparação temporal)



Letras e cores diferentes apresentadas na legenda de cada painel de gráficos representam diferença estatística (teste de Kruskal-Wallis, seguido de Dunn; $p < 0,05$). Traço (-) indica grupo não avaliado estatisticamente. SOD - BRÂNQUIA: superóxido dismutase em tecido branquial (U. mg de proteína⁻¹); CAT - BRÂNQUIA: catalase em tecido branquial ($\mu\text{mol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$); GPx - BRÂNQUIA: glutathione peroxidase em tecido branquial ($\text{nmol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$); GST - BRÂNQUIA: glutathione S-transferase em tecido branquial ($\text{nmol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$); GR - BRÂNQUIA: glutathione redutase em tecido branquial ($\text{nmol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$).

Avaliando apenas os peixes da ordem Siluriformes observou-se que, no geral, as respostas foram similares ao agrupamento contendo todos os peixes capturados em cada ponto. Destaca-se, no entanto, que: a atividade da enzima SOD não apresentou diferença entre as campanhas nos Siluriformes capturados no ponto 1; a atividade da enzima CAT foi menor nos peixes capturados no ponto 2 durante a 3ª campanha em relação aos capturados na 2ª campanha; a atividade da GPx foi menor nos peixes capturados no ponto 3 durante a 2ª campanha em relação aos peixes capturados na

3ª campanha, mas, não apresentou diferença entre os peixes capturados no ponto 4 durante as 2ª e 4ª campanhas (Figura 133).

Figura 133. Comparação das respostas dos biomarcadores dos sistemas antioxidante e de biotransformação (brânquias) dos peixes, da ordem Siluriformes, capturados em cada um dos pontos ao longo das campanhas amostrais (comparação temporal)



Letras e cores diferentes apresentadas na legenda de cada painel de gráficos representam diferença estatística (teste de Kruskal-Wallis, seguido de Dunn; $p < 0,05$). Traço (-) indica grupo não avaliado estatisticamente. SOD - BRÂNQUIA: superóxido dismutase em tecido branquial ($\text{U. mg de proteína}^{-1}$); CAT - BRÂNQUIA: catalase em tecido branquial ($\mu\text{mol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$); GPx - BRÂNQUIA: glutathione peroxidase em tecido branquial ($\text{nmol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$); GST - BRÂNQUIA: glutathione S-transferase em tecido branquial ($\text{nmol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$); GR - BRÂNQUIA: glutathione reductase em tecido branquial ($\text{nmol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$).

Fígado

Os biomarcadores hepáticos relacionados aos sistemas antioxidante e de biotransformação apresentaram maior número de diferenças entre as campanhas que os mesmos biomarcadores

avaliados no tecido branquial. A atividade das enzimas CAT e SOD apresentaram diferenças nos peixes capturados em todos os pontos amostrais, exceto para a CAT nos peixes capturados nos pontos 5 e 6 e, para a SOD nos peixes capturados no ponto 6. Para os pontos onde essas enzimas apresentaram diferenças observou-se que as menores atividades foram determinadas nas 2ª e/ou 3ª campanhas. Além disso, a atividade da GR foi maior nos peixes capturados nos pontos 3, 5 e 6 nas campanhas 2, 3 e 2, respectivamente. A GST apresentou a menor atividade nos peixes capturados nos pontos 1, 4 e 5 na 3ª campanha (Figura 134).

Figura 134. Comparação das respostas dos biomarcadores dos sistemas antioxidante e de biotransformação (fígado) dos peixes capturados em cada um dos pontos ao longo das campanhas amostrais (comparação temporal)

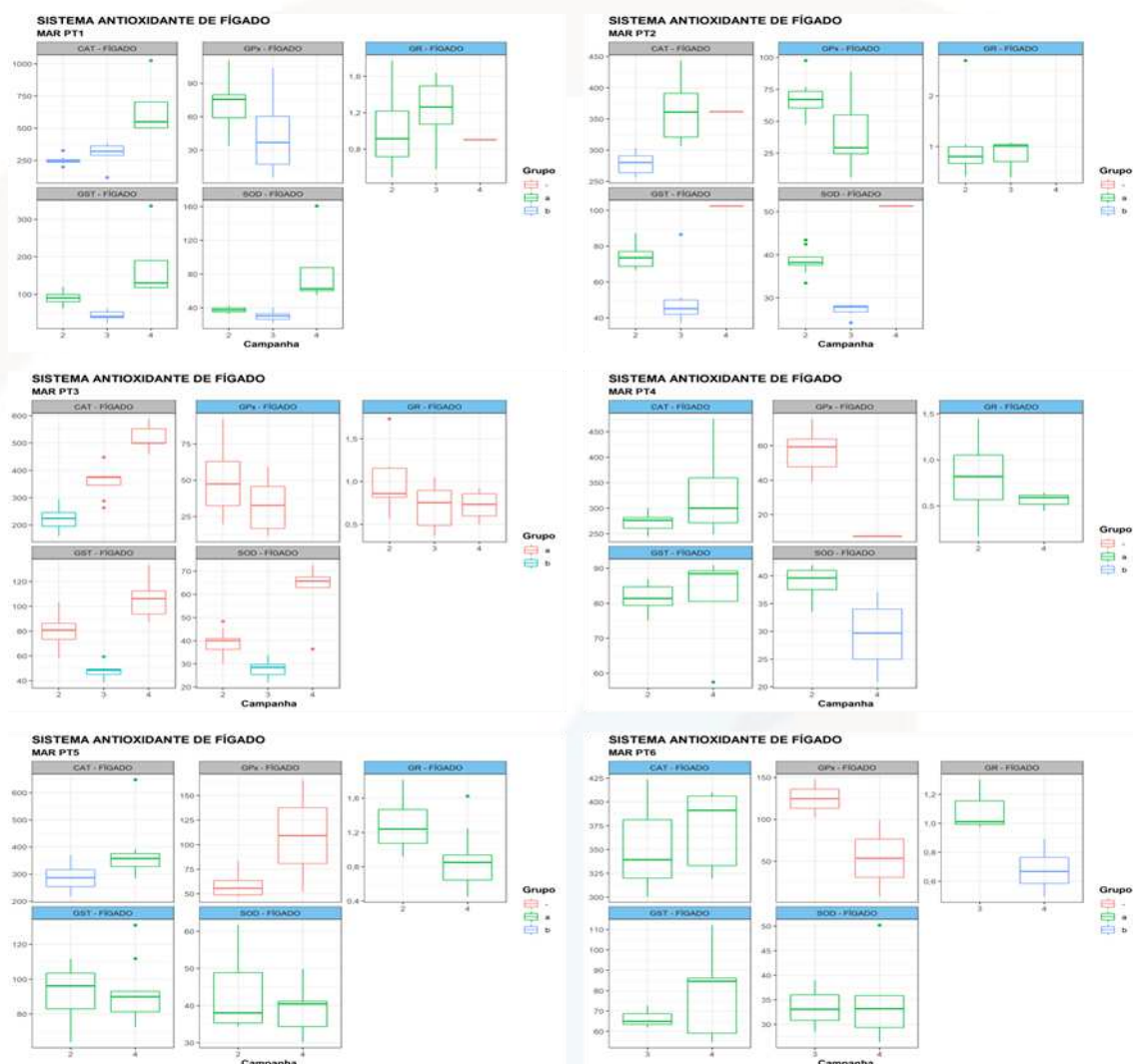


Letras e cores diferentes apresentadas na legenda de cada painel de gráficos representam diferença estatística (teste de Kruskal-Wallis, seguido de Dunn; $p < 0,05$). Traço (-) indica grupo não avaliado estatisticamente. SOD - FÍGADO: superóxido dismutase em tecido hepático (U. mg de proteína⁻¹); CAT - FÍGADO: catalase em tecido

hepático ($\mu\text{mol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$); GPx - FÍGADO: glutathione peroxidase em tecido hepático ($\text{nmol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$); GST - FÍGADO: glutathione S-transferase em tecido hepático ($\text{nmol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$); GR - FÍGADO: glutathione reductase em tecido hepático ($\text{nmol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$).

Nos Siluriformes, as respostas que diferiram do previamente descrito para todos os peixes amostrados em cada um dos pontos foram: maior atividade da GST nos peixes capturados no ponto 2 na 2ª campanha em relação aos peixes capturados na da 3ª campanha; maior atividade da GST nos peixes capturados no ponto 3 durante as 2ª e 4ª campanhas em comparação aos peixes capturados durante a 3ª campanha; maior atividade da SOD nos peixes capturados no ponto 4 na 2ª campanha em relação aos peixes capturados na 4ª campanha; menor atividade da CAT nos peixes capturados no ponto 5 durante a 2ª campanha em relação aos peixes capturados durante a 4ª campanha e, maior atividade da GR nos peixes capturados no ponto 6 durante a 3ª campanha em relação aos peixes capturados na 4ª campanha (Figura 135).

Figura 135. Comparação das respostas dos biomarcadores dos sistemas antioxidante e de biotransformação (fígado) dos peixes, da ordem Siluriformes, capturados em cada um dos pontos ao longo das campanhas amostrais (comparação temporal)



Letras e cores diferentes apresentadas na legenda de cada painel de gráficos representam diferença estatística (teste de Kruskal-Wallis, seguido de Dunn; $p < 0,05$). Traço (-) indica grupo não avaliado estatisticamente. SOD - FÍGADO: superóxido dismutase em tecido hepático (U. mg de proteína⁻¹); CAT - FÍGADO: catalase em tecido hepático ($\mu\text{mol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$); GPx - FÍGADO: glutathione peroxidase em tecido hepático ($\text{nmol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$); GST - FÍGADO: glutathione S-transferase em tecido hepático ($\text{nmol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$); GR - FÍGADO: glutathione reductase em tecido hepático ($\text{nmol. min}^{-1}.\text{mg de proteína}^{-1}$).

3.1.2.4.6. Alterações em sistemas não enzimáticos branquial, hepático e muscular (biomarcadores: GSH, MT, LPO e PCO)

Pontos próximos da costa (5 km – pontos 1, 3 e 5)

Brânquias

A avaliação dos biomarcadores não enzimáticos dos peixes capturados próximos da costa demonstrou que, na 2ª campanha, os peixes capturados no ponto 5 apresentaram maior concentração de MT que os peixes capturados nos pontos 1 e 3, mas, as concentrações de GSH e LPO foram semelhantes nos peixes dos três pontos amostrais. Na 3ª campanha as concentrações de GSH e MT